

GÉOLOGIE GÉNÉRALE

BULLETIN
DE LA
SOCIÉTÉ GÉOLOGIQUE
DE FRANCE

7^e SÉRIE, TOME III

N° 5

P. 417-544; Pl. VI, XIII-XIX

Périodique bimestriel publié avec le concours du Centre national de la recherche scientifique

PARIS
AU SIÈGE DE LA SOCIÉTÉ

28, rue Serpente, 6^e

1961

JUILLET 1962

SOCIÉTÉ GÉOLOGIQUE DE FRANCE

FONDÉE LE 17 MARS 1830.

Etablissement d'Utilité publique, reconnu par Ordonnance du 3 avril 1832.

Extraits des Statuts.

(Conditions d'admission.)

ARTICLE I. — L'Association dite « Société géologique de France », fondée le 17 mars 1830, a pour objet de concourir à l'avancement de la Géologie en général, et particulièrement de faire connaître le sol de la France, tant en lui même que dans ses rapports avec les Arts industriels et l'Agriculture.

La durée de la Société est illimitée. Elle a son siège social à Paris.

ARTICLE II. — La Société contribue aux progrès de la Géologie par des débats, des publications et par des encouragements (Prix et Fondations).

La Société tient ses séances ordinaires à Paris; en outre, elle peut tenir une ou plusieurs séances extraordinaires dans une région ou sur un sujet qui aura été préalablement déterminé par le Conseil.

La Société publie : un *Compte rendu sommaire des Séances* et un *Bulletin* distribués gratuitement aux membres; des *Mémoires* qui ne sont pas distribués gratuitement aux membres.

La Société forme une Bibliothèque.

ARTICLE III. — Le nombre des membres de la Société est illimité; les Français et les Étrangers peuvent en faire partie. Il n'existe pas de différences entre les membres.

Pour faire partie de la Société, il faut s'être fait présenter dans une de ses séances par deux membres de la Société qui auront signé la présentation, et avoir été proclamé membre dans la séance suivante.

Extraits du Règlement.

(Publications.)

N° 12. — Tous les travaux destinés à l'impression doivent être inédits et avoir été présentés en séance.

N° 13. — L'insertion dans les publications de la Société des travaux présentés par les membres, ou éventuellement par des auteurs étrangers à la Société, est toujours subordonnée à l'avis de la Commission compétente.

N° 14. — Les manuscrits des communications déposés au Secrétariat et non encore publiés ne peuvent être communiqués ou remis, en dehors des membres des Commissions compétentes et des rapporteurs, qu'à leurs auteurs ou aux personnes qu'ils auront autorisées par écrit à en prendre connaissance.

N° 15. — La langue française est seule admise dans les publications de la Société.

N° 17. — L'ensemble des notes par année, d'un même auteur, comptées du 1^{er} avril au 31 mars suivant, ne peut dépasser le total de 16 pages ¹, la planche photographique équivalant à 4 pages de texte. Le Conseil peut, par décision spéciale, autoriser la publication de notes plus longues.

1. A la suite du changement de format et de la reproduction de photographies en simili-gravure dans le texte, le Conseil (séance du 2 février 1959) a établi l'équivalence pour le total des notes de chaque auteur à 10 pages du nouveau format; 1 planche en phototypie équivalant à 4 pages de texte; 1 page de simili à 2 pages de texte; les figures en simili, intercalées dans le texte, à 3 fois leur surface.

Avantages accordés aux membres.

Les membres de la Société reçoivent gratuitement le *Compte rendu sommaire des Séances* et le *Bulletin* (statuts, II).

Ils peuvent acheter à la Société : avec une remise de 25 % les *Comptes rendus sommaires*, les *Bulletins*, la *Bibliographie*; avec une remise de 20 % les *Mémoires* de Géologie, de Paléontologie et ceux de la Nouvelle série par mémoires séparés.

Les membres peuvent utiliser le prêt des livres à domicile de la Bibliothèque (sauf les cartes, les traités, les ouvrages rares ou nouvellement présentés).

Cotisation 1962 : 35 NF. Étranger : 40 NF.

Pour tous renseignements, achats et abonnements, s'adresser impersonnellement au Secrétaire de la Société, 28, rue Serpente, Paris, VI^e.

Chèques postaux : Paris 173-72. Téléphone : Dan. 90-61.

COMPTE RENDU SOMMAIRE
ET
BULLETIN
DE LA
SOCIÉTÉ GÉOLOGIQUE
DE FRANCE
1961

COMPTE RENDU SOMMAIRE
ET
BULLETIN
DE LA
SOCIÉTÉ GÉOLOGIQUE DE FRANCE

SEPTIÈME SÉRIE

TOME TROISIÈME

Année 1961

PARIS
SOCIÉTÉ GÉOLOGIQUE DE FRANCE
28, rue Serpente, 6^e



Digitized by the Internet Archive
in 2024

Sur quelques Poissons fossiles du Bassin parisien

par Jeanne SIGNEUX *.

PLANCHE VI.

Sommaire. — Description de deux spécimens nouveaux des collections paléontologiques du Muséum : un Rhinobatidé, spécifiquement nouveau (*Zapteryx bichuti*) du Calcaire grossier de l'Oise, provenant de la carrière Civet-Pommier de Saint-Vaast-les-Mello et un Gonorhynchidé (*Notogoneus janeti* PRIEM) des marnes supra-gypseuses de Cormeilles-en-Parisis, carrière Lambert.

Répartitions spécifique, stratigraphique et paléogéographique du genre *Notogoneus*.

Au cours de ces dernières années, les collections de Paléontologie du Muséum se sont enrichies de deux très beaux spécimens de Poissons de l'Éocène supérieur et de l'Oligocène inférieur des environs de Paris : l'un, du Calcaire grossier de l'Oise, qui nous a très aimablement été remis par M. Bichut, directeur de la grande carrière Civet-Pommier de Saint-Vaast-les-Mello d'où provient ce Poisson; l'autre, des marnes supra-gypseuses de Cormeilles-en-Parisis (carrière Lambert) que M. Gandillot, Chef de travaux à la Sorbonne, qui le tenait de M. Lambert, a bien voulu nous offrir.

De ces deux spécimens en bon état de conservation, le premier est le plus intéressant car l'on se trouve, pour la première fois, en présence d'une empreinte presque complète d'un Batoïde du bassin de Paris. On sait, en effet, que de nombreux restes de Sélaciens (Lamnides, Odontaspides, Myliobatides, Carcharinides, Pristides, etc.) ont été signalés ou même décrits du Calcaire grossier, mais il ne s'agissait en l'occurrence que de dents, aiguillons, productions dermiques ou vertèbres. La description de ce Poisson, d'après l'interprétation de son empreinte dorsale, me fait l'attribuer, dans l'ordre des Batoïdes, à la famille des *Rhinobatidae* et au genre *Zapteryx* JORD. et GILB.

Famille *Rhinobatidae*.

Genre *Zapteryx* JORDAN et GILBERT 1880.

1841. *Syrrhina* MULLER et HENLE (*in part.*) [p. 113].
1880 a. *Platyrrhina* JORDAN et GILBERT [p. 32].
1880 c. *Zapteryx* JORDAN et GILBERT [p. 53].

13 juillet 1962.

1913. *Syrrhina* MULL. et HENLE *in* Garman [p. 284].

1953. *Zapteryx* JORD. et GILB. *in* Bigelow et Schroeder [p. 74].

Zapteryx bichuti nov. sp.

Pl. VI, fig. 1.

HOLOTYPE. — Empreinte dorsale n° 1953-16, coll. de Paléontologie du Muséum, Paris.

NIVEAU STRATIGRAPHIQUE. — Lutétien (Calcaire grossier).

LOCALITÉ. — Saint-Vaast-les-Mello (carrière Civet-Pommier).

CARACTÈRES GÉNÉRAUX. — Ce Poisson ne nous a malheureusement laissé que l'empreinte de sa face dorsale à laquelle il manque une assez grande partie de la région caudale. Sur cette empreinte l'on distingue très nettement le dessin du rostre, des régions cranio-branchiale et abdominale, des ceintures pectorale et pelvienne et des nageoires paires, ainsi que d'une partie de la colonne vertébrale et des côtes, et la partie antérieure de la région caudale.

Le disque est arrondi dans sa partie postérieure jusqu'au niveau de la ceinture pectorale; ses bords convergent ensuite rostralement en formant un angle de 95° dont le sommet est légèrement émoussé; sa longueur maximale est de 33 cm pour une largeur de 35 cm au niveau de la ceinture pectorale. Cette forme du disque donne d'ailleurs à notre Poisson un aspect beaucoup plus rajidé que rhinobatidé, ce qui est l'un des

* Note présentée à la séance du 19 juin 1961.

caractères du genre *Zapteryx*. La région cranio-branchiale est circulaire (diamètre 10 cm) et se prolonge par un rostre assez court dont l'extrémité antérieure, en pointe, arrive presque au niveau du sommet du disque. La cavité abdominale est un peu plus large (maximum 12 cm) que haute (10 cm au niveau du squelette axial). Toutes deux sont entourées par les pectorales qui arrivent à peu de distance du sommet du disque. Les pelviennes se situent à 1 cm de l'extrémité des téloptérygia et font ainsi, sur notre empreinte, suite aux radiales déployées des pectorales; elles sont assez petites et leur bord externe est arrondi et sans échancrure — ce qui est aussi l'un des caractères du genre *Zapteryx*. La partie antérieure de la région caudale est large comme chez *Rhinobatus*.

DESCRIPTION. — *Synchrâne*. La région antérieure du crâne est représentée par l'empreinte du rostre qui forme un angle obtus de 30° dont la pointe arrive à 8 mm du sommet du disque et dont la hauteur, à partir du niveau des capsules olfactives, est d'environ 6 cm, sa largeur à ce même niveau étant de 2,5 cm. Ce rostre est entouré antérieurement et latéralement par un cartilage plus mince, formant antérieurement le sommet du disque où sa largeur est de 4,5 cm, tandis qu'elle atteint 6,5 cm à sa base. Ce cartilage est flanqué latéralement par les radiales antérieures des pectorales, ce qui donne ainsi à la partie antérieure du Poisson l'aspect d'un disque continu.

Le neurocrâne est très resserré dans sa partie médiane. L'on distingue, à l'extrémité postérieure du rostre, une dépression devant indiquer l'emplacement du *casum precerebrale*. Les capsules olfactives, dont les empreintes ont été remplies par du calcaire, forment deux saillies arrondies sur le côté desquelles se devinent les apophyses antorbitaires, cachées, en partie, par l'empreinte d'une grosse production dermique. Ces capsules olfactives sont séparées des cavités orbitaires par un sillon laissé par l'empreinte du bord orbitaire, bord dont on peut suivre le tracé de chaque côté de la voûte jusqu'au niveau de la région basilaire du crâne. Les cavités orbitaires — représentées sur notre empreinte par deux globes calcaires — sont très rapprochées l'une de l'autre. Le tracé des crêtes supraorbitaires donne à la voûte crânienne la forme d'un sablier allongé dont le diamètre médian est de 1,5 cm et la hauteur de 4,5 cm. A la base de la voûte crânienne, au niveau de l'élargissement postorbitaire, deux petites protubérances doivent figurer le remplissage des

trous de passage du *ductus endolymphaticus*.

Le branchiocrâne est surtout visible sur le côté gauche de l'empreinte. L'on y distingue, bordant caudalement la cavité orbitaire, l'hyomandibulaire arqué, suivi des cinq épibranchiaux soutenus par les pharyngobranchiaux dont l'on ne devine que les trois premiers rattachés à la plaque vertébrale antérieure.

Squelette axial. Du squelette axial il ne nous reste, dans la cavité cranio-branchiale, que les empreintes latérales de la plaque vertébrale antérieure formée par la coalescence des vertèbres cervicales, ainsi que celle, médiane et beaucoup plus profonde, de la crête provenant de la coalescence des éléments supradorsaux de ces vertèbres.

Dans la cavité abdominale, où les premières vertèbres (3 ou 4) sont encore soudées, l'on compte à leur suite une quinzaine environ de vertèbres jusqu'à la ceinture pelvienne.

La partie caudale étant incomplète nous n'avons pu y observer que la diminution normale de la taille des corps vertébraux.

Les côtes ont été en partie détruites par la décomposition des viscères — parmi lesquels le foie a laissé une empreinte ferrugineuse très nette — et seules les traces des 10 paires postérieures sont visibles : 3 au-dessus de la ceinture pelvienne, et 7 au-dessous ainsi qu'il en est chez les Rhinobatidés.

Squelette appendiculaire. La ceinture pectorale a laissé l'empreinte de ses deux scapula qui s'étendent chacun sur une longueur de 3,5 cm pour une hauteur de 0,5 à 1 cm, leur plus grande hauteur se situant au niveau de l'articulation avec la pectorale. Ces scapula se prolongent latéralement par leurs cornes antérieure et postérieure dont la première est très peu élevée et forme l'articulation avec le proptérygium, tandis que la seconde, longue et robuste, atteint environ, sur le plan de symétrie, la moitié de la distance comprise entre les scapula et le pubis, et s'articule postérieurement avec le métaptérygium.

Les pectorales, déployées, sont très hautes (30 cm) et très larges (largeur maximale 13,5 cm au niveau de la ceinture pectorale). Leurs radiales, soutenues par les longs proptérygia et les deux segments beaucoup plus courts qui leur font suite, les robustes mésoptérygia (dont seul celui de la pectorale droite a laissé son empreinte), les cornes latérales postérieures des scapula et les métaptérygia allongés suivis sur 2,5 cm des téloptérygia, s'étendent jusqu'au niveau du cartilage entourant le rostre et rejoignent, à la base des téloptérygia, les radiales des pelviennes.

L'empreinte laissée par le cartilage pelvien (pubis) nous montre qu'il était convexe vers le haut et muni d'une apophyse prépelvienne courte, large et aplatie, à chaque extrémité latérale.

Les pelviennes sont, ainsi qu'il a été dit plus haut, assez petites (hauteur maximale 7 cm) et à bord externe arrondi et *sans échancrure*, ce qui les distingue de celles des Rajidés. Leurs radiales sont soutenues par les basyptérygia allongés, suivis des courts hypoptérygia.

Revêtement dermique. De celui-ci il ne reste que l'empreinte, très uniforme, de la partie interne du revêtement dorsal, et les emplacements de quelques gros tubercules dermiques.

RAPPORTS ET DIFFÉRENCES. — Le Poisson de Saint-Vaast-les-Mello pourrait, par la forme de son disque, être pris pour un Rajidé. Mais le manque d'échancrure des pelviennes et l'élargissement de la partie antérieure de la région caudale le rangent parmi les Rhinobatidés.

Ce n'est pas un *Rhinobatus* dont il diffère totalement par la forme de son disque qui, ainsi qu'il a été dit ci-dessus, est beaucoup plus rajidé que rhinobatidé.

D'autre part, lorsque l'on considère les Rhinobatidés fossiles actuellement connus, c'est du *Platyrrhina bolcensis* HECKEL, de l'Éocène du Monte Bolca, que notre fossile se rapproche le plus et j'avais d'abord pensé pouvoir le rattacher à cette forme. Mais d'excellentes photographies des *Platyrrhina bolcensis* de l'Istituto geologico de Padova qui m'ont aimablement été envoyées par M. le professeur Mario Cadrobbi — à qui j'exprime ici toute ma reconnaissance — m'ont amenée à réviser ce point de vue et à considérer que non seulement notre fossile en différerait spécifiquement mais aussi génériquement.

Les principales différences entre le *Platyrrhina bolcensis* et notre fossile résident dans : 1) la forme générale du disque, dont les bords de la moitié antérieure sont droits chez notre spécimen et arrondis chez le Poisson du Monte Bolca, tandis que ceux de la moitié postérieure décroissent plus rapidement chez notre fossile que chez *Platyrrhina bolcensis* ; 2) le rostre, plus allongé et entouré par une mince plaque cartilagineuse chez le Poisson de Saint-Vaast, tandis que, chez *Platyrrhina*, il est flanqué par les radiales antérieures des pectorales ; 3) les proportions relatives des cavités cranio-branchiales et abdominales des deux spécimens : chez le premier la cavité cranio-branchiale est plus étroite que l'abdominale tandis que l'inverse se produit chez *Platyrrhina bolcensis* ce qui rappelle

ainsi la disposition observée sur *Platyrrhina schoenleinii* figuré par Muller et Henle [1844].

Parmi les genres actuels, c'est du genre *Zapteryx* que notre fossile se rapproche le plus et auquel je crois que je peux le rattacher, et je donnerai à cette espèce lutétienne le nom de *Zapteryx bichuti* en l'honneur de M. Bichut, qui nous a offert ce beau spécimen.

Genre *Rhinobatus* LINCK 1790.

1790. *Rhinobatus* LINCK. *Mag. Phys. Naturges. Gotha*, Bd 6, H. 3, p. 32.

Rhinobatus sp.

Il existe également dans nos collections — sous le n° 1955-12-4 — un fragment de Rhinobatidé du Calcaire grossier des environs de Paris qui, bien que très rudimentaire, est suffisamment caractéristique pour pouvoir être rapporté au genre *Rhinobatus*.

Ce fragment, mesurant 18 cm de long et 9 cm de largeur maximale (au niveau de la ceinture pectorale), ne comprend qu'une partie du squelette appendiculaire gauche et de la cavité abdominale. Celle-ci s'étend sur une hauteur de 9 cm. Sa demi-largeur, au niveau de la ceinture pelvienne (seul endroit où quelques vertèbres soient visibles), est de 4 cm.

De la ceinture pectorale il ne subsiste, sur une longueur de 1,5 cm, que l'articulation avec la pectorale ; à ce niveau le scapula atteint une hauteur de 2 cm et s'amincit rapidement à 1 cm, endroit où il est cassé.

La pectorale, dont il manque la partie antérieure, est haute et, à l'inverse de celle du genre *Zapteryx*, étroite, sa plus grande largeur au niveau de la ceinture pectorale étant de 7 cm ; elle présente, à partir du même niveau, l'amorce de la sinuosité antérieure caractéristique des pectorales de la plupart des espèces du genre *Rhinobatus*.

Les supports des radiales, le proptérygium incomplet, le mesoptérygium robuste et le metaptérygium fin et allongé sont bien conservés sur notre empreinte (l'on observera que le metaptérygium ne fait pas suite, comme dans le genre précédent, à une corne postérieure latérale du scapula). L'on devine, entre le meso- et le metaptérygium, le petit neoptérygium qui paraît supporter 1 ou 2 radiales, le mesoptérygium en supportant 7 ou 8 et le metaptérygium environ 25. Le nombre des segments des radiales est difficilement discernable.

La ceinture pelvienne est représentée par l'empreinte de la moitié du cartilage pelvien sous forme d'une bande horizontale (et non convexe comme dans le genre précédent) de 3,5 cm de long et 6 mm de large, avec apophyse latérale s'élevant sur 1 cm au-dessus de la ceinture. Les parties antérieures de la nageoire pelvienne et du basiptérygium sont visibles sur une hauteur de 2 cm environ.

RAPPORTS ET DIFFÉRENCES. — Il est très difficile, notre spécimen étant par trop fragmentaire, de rapporter ce *Rhinobatus* à une espèce connue. De nombreux *Rhinobatus* fossiles, connus par des spécimens complets, ont été signalés du Crétacé supérieur du Liban et de Pietraroia en Italie et un, *Rhinobatus primaevus* ZIGNO, de l'Éocène du Monte Bolca. Mais d'après la figure (mauvaise) de de Zigno, il est difficile de dire si notre fossile entre dans cette espèce. Je l'inscrirai donc, en attendant un matériel plus complet, sous le nom de *Rhinobatus sp.*

Famille **Gonorhynchidae.**

Cette famille à laquelle doit être rattaché le spécimen de Cormeilles-en-Parisis, est représentée par des Poissons dont le corps est allongé, subcylindrique, la tête à museau allongé et pointu et bouche petite et infère, les nageoires impaires courtes, les pectorales surbaissées, les pelviennes abdominales, la caudale fourchue, et dont les écailles cténoïdes recouvrent tout le corps et la totalité de la tête. Il n'en existe plus actuellement qu'un seul genre, *Gonorhynchus* et qu'une seule espèce, *G. greyi*, vivant le long des côtes du Japon, de la Nouvelle-Zélande, de l'Australie et de l'Afrique australe.

Les formes fossiles sont représentées par le genre *Charitosomus*, dont les espèces sont localisées dans le Crétacé supérieur de Westphalie et du Liban, et par le genre *Notogoneus* dont les espèces se retrouvent dans l'Éocène supérieur de France et d'Amérique du Nord (Wyoming), ainsi que dans l'Oligocène inférieur et moyen de France et l'Oligocène supérieur de Westphalie.

Genre **Notogoneus** COPE 1885.

1885. *Notogoneus* COPE [p. 1091].
(= *Anormurus* DE BLAINVILLE 1818; *Sphenolepis* AGASSIZ 1834; *Colpopholis* et *Phalacropholis* CHABANAUD 1931).

GÉNÉROTYPE : *Notogoneus osculus* COPE.

Ce genre, créé par Cope en 1885, mais dont la figuration ne parut que dans un autre mémoire du même auteur en 1886, est représenté par des Poissons à tronc fusiforme et un peu comprimé latéralement, tête à museau pointu et bouche infère, sans dents, corps vertébraux au nombre d'environ 50 dont 15 caudales, dorsale petite arrivant approximativement au milieu du dos et opposée ou immédiatement en arrière des pelviennes, caudale avec bord postérieur légèrement excavé, écailles à bord postérieur bordé de spinules et petites écailles s'étendant sur la totalité de la tête et des portions des nageoires.

Notogoneus janeti PRIEM 1908.

Pl. VI, fig. 2.

1908. *Notogoneus Janeti* PRIEM [p. 133, pl. III, fig. 2 et 3].
1908. *N. aff. Cuvieri* (AG.) in Priem [p. 133, pl. III, fig. 4].
1911. *N. aff. Cuvieri* (AG.) in Priem [p. 33, pl. IV, fig. 2 à 4; pl. V, fig. 1].
1911. *N. aff. squamosseus* (BLAINV.) in Priem [p. 34].
1911. *N. aff. Cuvieri* (AG.) in Priem [p. 38].
1931. *Phalacropholis centumnucesianus* CHABANAUD [p. 502, pl. XXII, fig. 2].
1931. *Colpopholis centumnucesianus* CHABANAUD [p. 9].

MATÉRIEL. — Hémisome (cf. Chabanaud [1938]) droit presque entier, n° 1960-24.

NIVEAU STRATIGRAPHIQUE. — Oligocène inférieur (Sannoisien).

LOCALITÉ. — Cormeilles-en-Parisis (carrière Lambert).

CARACTÈRES GÉNÉRAUX. — Hémisome droit d'un Poisson allongé, fusiforme, à laquelle il ne manque que l'extrémité antérieure de la tête et la partie terminale de la caudale. La longueur totale de ce squelette est de 36 cm pour une hauteur maximale de 7 cm au niveau de la dorsale. La longueur de la tête devait être comprise environ 3 fois 1/2 dans la longueur totale et était supérieure à la hauteur du corps. La dorsale et les pelviennes se situent au centre du tronc et l'anale est plus proche de la caudale que des pelviennes. Le recouvrement écailleux n'a souvent laissé que son empreinte mais était très compact.

TÊTE. — La tête, dont il manque la partie antérieure (prémaxillaires, maxillaires, palatins), a une longueur de 8 cm de l'extrémité antérieure du dentaire à la partie postérieure des pièces operculaires; sa longueur totale devait être de 10 cm. L'interprétation de ses constituants est rendue très difficile par l'écrasement des quelques

os conservés et l'on ne distingue réellement que la trace du frontal allongé, le long parasphénoïde, la partie supérieure élargie de l'hyomandibulaire, une lame osseuse sous le parasphénoïde devant être l'entoptérygoïde, l'extrémité inférieure (cassée) de l'os carré, l'extrémité antérieure verticale et robuste du dentaire caractéristique des *Gonorhynchidés* dont la partie postérieure est recouverte par un fragment de l'articulaire gauche, le préopercule très craquelé et le sous-opercule dont le bord postérieur comporte une série de quatre incisions longitudinales.

L'articulation du basi-occipital et de la 1^{re} vertèbre cervicale est également très visible, mais les autres os de l'arrière-crâne, broyés, ne sont pas discernables.

Il est à remarquer — ainsi que pour les autres espèces de *Notogoneus* — que, contrairement aux *Gonorhynchus* actuels et aux *Charitosomus major* du Crétacé supérieur du Liban, notre spécimen ne porte pas de dents sur les ptérygoïdes et la première paire de basi-branchiaux.

SQUELETTE AXIAL. — La colonne vertébrale comprend 55 vertèbres dont 15 caudales. Les corps vertébraux sont, dans la partie abdominale, plus courts que hauts ; dans la partie caudale, leur longueur est un peu plus grande par rapport à la hauteur, tout en en restant toujours inférieure. Leur paroi externe porte des carènes longitudinales compliquées d'anfractuosités secondaires. Les neurapophyses et neuracanthes, hémapophyses et hémacanthes sont bien conservées, de même qu'un certain nombre de pré- et postzygapophyses supérieures et inférieures. Les neuracanthes ne sont pas fourchues, caractère signalé par Woodward [1896] pour les dernières caudales de *N. osculus*, mais le dernier corps vertébral de la caudale porte, en plus de son apophyse neurale, un uroneural s'élevant obliquement dans la partie dorsale de la caudale et partant du niveau de la neurapophyse à laquelle il n'est pas soudé.

Les côtes sont très fines, mais la fossilisation les a déplacées et éloignées de leurs supports naturels les hémacanthes ; elles sont accompagnées d'arêtes épipleurales et suivies de nombreuses arêtes musculaires que l'on retrouve également dans la partie caudale au-dessus et au-dessous du squelette axial.

SQUELETTE APPENDICULAIRE. — *Nageoires impaires.* La nageoire dorsale, peu étendue (4 cm à sa base), paraît, sur notre spécimen, prendre naissance exactement au milieu du dos ; mais l'axonost supportant le premier rayon se

situe au niveau de la 25^e vertèbre abdominale, donc un peu en avant du centre du squelette axial. Elle est composée d'une douzaine de rayons dont on ne peut évaluer la longueur exacte car leur partie supérieure est cassée.

L'anale, également très peu étendue (2 cm à sa base), est assez reculée et plus près de la caudale que des pelviennes ; le premier interhémal prend naissance au niveau de la 40^e vertèbre et le nombre de rayons devait être de 7 ou 8. Leur longueur ne peut être évaluée pour la même raison que celle des rayons de la dorsale.

La caudale est également tronquée ; ses rayons sont supportés par les plaques hypurales au nombre de 7 ou de 8. Le squelette de la nageoire est complété dorsalement et ventralement par quelques rayons libres précédant les plaques hypurales.

Nageoires paires et ceintures. La ceinture pectorale est mal conservée ; les fragments qui en sont conservés sont craquelés et il est difficile de les déterminer exactement. Les pectorales devaient être courtes et le nombre de leurs rayons d'environ 12 ou 13.

Les pelviennes prennent naissance en face du 4^e rayon de la dorsale et leurs rayons (7 ou 8) sont soutenus par les os pelviens très allongés et robustes.

REVÊTEMENT ÉCAILLEUX. — Le revêtement écailleux est très compact dans les parties où il est conservé. Les écailles visibles sont allongées, rectangulaires, sans spinules, et ressemblent en partie à celle figurée par Chabanaud [1931, pl. XXII, fig. 2], sous le nom de *Phalacropholis centumnucesianus*. Mais leurs dimensions sont très variables, leur largeur pouvant passer progressivement du simple au double.

RAPPORTS ET DIFFÉRENCES. — De nombreux fragments de *Notogoneus* ont été trouvés dans le Bassin parisien : calcaire grossier ? (voir Priem [1908, p. 110 et 111]), gypse de Montmartre d'où provient le type de *N. cuvieri*, marnes bleues, argiles vertes et marnes supragypseuses de diverses localités. Ces fragments ont reçu des attributions génériques et spécifiques diverses ; notre spécimen presque complet de Cormeilles-en-Parisis nous a permis de remettre un peu d'ordre dans ces diverses interprétations.

De sa comparaison avec *Notogoneus cuvieri* (Ag.), il ressort que notre Poisson ne peut être attribué à cette espèce car ses proportions (hauteur maximale contenue 5 fois dans la longueur totale au lieu de 8, longueur tête/longueur totale

3 fois 1/2 au lieu de 5), la position des pelviennes (situées au-dessous et *en arrière* de la dorsale tandis qu'elles sont en avant chez *N. cuvieri*), celle de l'anale (plus près de la caudale chez notre fossile) nous montrent que l'espèce est différente.

De *Notogoneus osculus* COPE, il diffère également par sa forme moins allongée, le rapport longueur tête/longueur totale (qui est de 4 1/2 chez *N. osculus*), la position des pelviennes (qui, chez *N. osculus*, sont à l'opposé de la dorsale) et l'absence de neuracanthes fourchues chez les dernières caudales.

Notogoneus squamosseus (BLAINV.), du Stampien d'Aix-en-Provence, s'éloigne aussi de notre fossile par la position de ses pelviennes dont l'origine se situe, comme pour celles de *N. osculus*, en face de celle de la dorsale, et par le rapport de longueur de sa tête contenue 4 fois dans la longueur totale.

De même *N. longiceps* (MEYER), par la longueur de sa tête occupant environ le tiers de la longueur totale, la position de ses pelviennes légèrement en avant de l'origine de la dorsale, et celle de son anale au milieu de l'espace entre les pelviennes et la caudale, ne peut se rapporter à notre fossile.

En 1908, Priem décrivit, des marnes bleues de Romainville, un Poisson qu'il rattacha au genre *Notogoneus* tout en en faisant une nouvelle espèce *N. janeti*. Ce Poisson dont, d'après les figures données par Priem [1908, pl. III, fig. 2 et 3], il manque une partie de la région abdominale, me paraît très voisin du fossile de Cormeilles-en-Parisis par le rapport de longueur de sa tête et de celle de la partie postérieure de son corps, la hauteur de celui-ci et aussi, ainsi que le signalait Priem [1908, p. 134], par « sa dorsale plus avancée que chez *N. cuvieri* et se trouvant en avant des pelviennes au lieu d'être en arrière ».

Je pense donc que c'est à cette dernière espèce qu'il faut attribuer notre fossile et j'y rattacherai également les Poissons des marnes supragypseuses de Bagnolet, faisant partie des collections de Paléontologie du Muséum, figurés

par Priem [1908, pl. III, fig. 4] qui les attribua alors [p. 133], mais avec doute, car « les nageoires pelviennes ne sont pas en place », à *Notogoneus cuvieri*. Il s'agit, en l'occurrence de jeunes *N. janeti*. De plus, plusieurs plaques des marnes de Romainville, appartenant aux collections de Géologie du Muséum, présentent de nombreux petits *Notogoneus* qui semblent, par la position de leurs pelviennes, devoir être rattachés à cette espèce dont, d'autre part, les mêmes collections possèdent des fragments, de même origine, d'individus de grande taille.

En 1931, Chabanaud, à la suite de la découverte d'une écaille dans la carrière Lambert, à Cormeilles-en-Parisis, fondait, pour cette seule écaille sans spinule, le genre *Phalacropholis* et l'espèce *centumnucesianus*. Or, si l'on observe les écailles d'un même individu, que ce soit pour les espèces *osculus* (voir Whitfield [1890, p. 120]), *squamosseus*, ou pour notre fossile, l'on s'aperçoit que leur forme est variable (allongée, rectangulaire, subquadrangulaire, etc.), et que leurs spinules peuvent être déplacées ou même avoir disparu (voir Whitfield [1890, pl. 4, fig. 5]). La variabilité de forme des écailles fait que ce caractère ne me paraît pas être un critère suffisant pour que l'on ait créé, d'après lui, les genres *Colpopholis* et *Phalacropholis*, ce dernier mis d'ailleurs ensuite par Chabanaud [1934] en synonymie de *Colpopholis*. Ce dernier nom doit par suite disparaître et le terme de *Notogoneus* doit être rétabli pour les Poissons de l'Oligocène du Bassin parisien et d'Aix-en-Provence.

Les divisions spécifiques, stratigraphiques et paléogéographiques du genre *Notogoneus* s'établiraient donc de la façon suivante.

N. osculus COPE, Éocène (Green River Shales), Wyoming (U. S. A.).

N. cuvieri (AG.), Éocène supérieur (gypse), Montmartre, France.

N. janeti PRIEM, Oligocène inférieur (Sannoisien), Bassin parisien.

N. squamosseus (BLAINV.), Oligocène moyen (Stampien), Aix-en-Provence.

N. longiceps (MEYER), Oligocène supérieur, bassin de Mayence.

Bibliographie.

- BIGELOW H. B. et SCHROEDER W. C. (1953). — Fishes of the Western North Atlantic, Part. 2. *Mem. Sears Found. Mar. Research Yale Univ.*, 588 p., 127 fig. New Haven.
- CHABANAUD P. (1931). — Affinités morphologiques, répartition stratigraphique et géographique des Poissons fossiles et actuels de la famille des Gonorhynchidés... *B. S. G. F.*, (5), 1, p. 497-517, 13 fig., pl. XXII. Paris.
- (1934). — Les Gonorhynchidés fossiles. *Ann. Mus. Hist. nat. Marseille*, t. XXV, n° 1, p. 5-16, 2 pl.
- COPE E. D. (1885). — Eocene paddle-fish and Gonorhynchidae. *Amer. Nat.*, vol. 19, p. 1090-1091.
- (1886). — On two new forms of Polyodont and Gonorhynchid Fishes from the Eocene of the Rocky Mountains. *Mem. nat. Ac. Sc. Washington*, vol. 3, pt 2, p. 161-165, 1 pl.
- GARMAN S. (1913). — The Plagiostoma. *Mem. Mus. comp. Zool. Harv. Coll.*, vol. XXXVI, 528 p., 77 pl. Cambridge.
- HECKEL J. J. (1851). — Bericht einer ichthyologischen Reise. *Sitzb. Ak. Wiss. Wien*, Bd 7, Abt. 2, p. 281-333.
- JAEKEL O. (1894). — Die eocänen Selachier vom Monte Bolca. Berlin, Kgl. Akad. Wiss., 176 p., 39 fig., 8 pl.
- JORDAN D. S. et GILBERT Ch. H. (1880 a). Notes on a collection of Fishes from San Diego (Calif.). *Proc. U. S. nat. Mus.*, vol. III, p. 32. Washington.
- (1880 b). — Description of a new Ray (*Platyrrhina triseriata*) from the Coast of California. *Ibid.*, vol. III, p. 36-38.
- (1880 c). — On the generic relations of *Platyrrhina exasperata*. *Ibid.*, vol. III, p. 53.
- MULLER J. et HENLE J. (1841). — Systematische Beschreibung der Plagiostomen. II : Rochen, Rajae, p. 103-200, 25 pl. Berlin, Veit et Cie.
- PRIEM F. (1908). — Étude des Poissons fossiles du Bassin Parisien. Paris, Publ. des *Ann. Paléont.*, 144 p., 74 fig., 5 pl.
- (1911). — Étude des Poissons fossiles du Bassin Parisien. Supplément. *Ann. Paléont.*, t. VI, 44 p., 42 fig., 5 pl. Paris.
- WHITFIELD R. P. (1890). — Observations on a fossil Fish from the Eocene beds of Wyoming. *Bull. amer. Mus. nat. Hist.*, vol. 3, art. 5, p. 117-120, 1 pl. New-York.
- WOODWARD A. S. (1896). — On some extinct Fishes of the Teleostean Family *Gonorhynchidae*. *Proc. zool. Soc. London*, p. 500-504, 1 pl.
- ZIGNO A. DE (1878). — Aggiunte alla ittologia dell'epoca eocena. *Mem. r. Ist. venet. Sc., Lett., Arti*, vol. XX, 13 p., 3 pl. Venise.

LÉGENDE DE LA PLANCHE VI.

FIG. 1. — *Zapteryx bichuti* nov. sp. $\times 3/7$.

FIG. 2. — *Notogoneus janeti* PRIEM. $\times 3/7$ env.

Le delta vindobonien du bas-pays de Saint-Maximin et de Ginasservis (Var)

par Cécile CORNET *.

Sommaire. — Dans la région comprise entre la Sainte-Baume et le golfe durancien, de nombreux dépôts détritiques (les uns bien en place et les autres résiduels) permettent de mettre en évidence, au Vindobonien, un vaste delta assurant l'évacuation dans le golfe durancien d'un important réseau hydrographique descendant des Maures et de l'Esterel.

Dans une note précédente, j'ai montré comment il était possible de reconstituer le réseau hydrographique du Miocène moyen au S de la Sainte-Baume [Cornet, 1959] et nous avons vu alors que de puissants cours d'eau descendant des Maures irriguaient toute la Basse-Provence et convergeaient dans le bassin de réception de la cuvette de La Roquebrussanne. Ensuite, les eaux s'écoulaient vers le Nord par l'exutoire de Vaulongue qui correspond, du reste, à une zone d'inflexion axiale faillée.

Nous nous proposerons ici de chercher ce que devenaient vers le Nord les abondantes eaux descendant des Maures. Elles débouchaient dans un bas-pays dont les limites naturelles constitueront celles de notre étude. Cette région est entiè-

rement située au Nord de la Sainte-Baume et de la Loube et s'étend jusqu'à la Durance et le Verdon entre Saint-Paul-lès-Durance à l'Ouest, et Artignosc à l'Est.

Dans toute cette région, quelle que soit la structure tectonique, le relief est aplani et assez morne ; nous avons là une zone fort arasée, où les quelques sommets que l'on peut y rencontrer, tels le volcan de Rougiers, les massifs de Bras et du Val, les Selves, ont eux-mêmes des formes assez molles. Seuls, les Bessillons font exception à cette règle. Un observateur situé au sommet des Selves serait particulièrement frappé de n'être entouré pratiquement que de plans arasés dont le stade d'évolution morphologique est avancé.

Les dépôts.

Sur toute cette étendue aplanie, essentiellement constituée par les affleurements marneux et calcaires du Trias, du Lias, du Jurassique et du Crétacé, se trouvent aussi quelques dépôts détritiques du Crétacé supérieur, de l'Éocène, de l'Oligocène et surtout du Miocène ; c'est l'étude de ces derniers qui retiendra notre attention.

De nombreux affleurements ont été déjà signalés et étudiés par plusieurs auteurs ; moi-même, en parcourant systématiquement toute la région, j'ai pu non seulement retrouver de nouveaux dépôts mais me convaincre que tout ce pays situé entre la Sainte-Baume et le Verdon est recouvert de cailloutis résiduels épars qui doivent être rapportés au Miocène moyen.

Je reprendrai très rapidement la description des affleurements déjà connus, après quoi je situerai mes nouvelles observations.

I. LES DÉPÔTS DÉJÀ CONNUS. — Si L. Collot, Ph. Zurcher, A. F. de Lapparent et G. Mennesier, qui ont signalé la présence de nombreux et abondants dépôts de Miocène détritiques, n'ont pas été tout à fait d'accord quant à l'âge précis auquel on doit les rapporter, tous leur attribuent une origine fluvio-lacustre.

1. *Les faciès des dépôts.* Les faciès sont extraordinairement variables. En quelques mètres

* Note présentée à la séance du 19 juin 1961.

on passe d'un calcaire franc à un grès, à des marnes, à des argiles etc. Cette multiplicité est une véritable caractéristique de la formation vindobonienne.

Les différents types d'affleurements que l'on peut rencontrer sont très schématiquement : calcaires durs, calcaires en plaquettes, calcaires cavernaux, marnes jaunâtres ou blanchâtres, argiles jaunes mais pouvant devenir brun-rouge, argiles ligniteuses, tufs, poudingues (surtout de quartz mais associés parfois à des éléments calcaires), grès plus ou moins grossiers, quelques îlots sableux, brèches à éléments locaux.

Ajoutons à cela que dans les faciès argileux et dans les poudingues, il est fréquent d'observer de petits nodules limonitiques rouge-brun, parfois même noirâtres. La présence de ces nodules est très importante car, pratiquement inaltérables, ce seront surtout eux que nous retrouverons dans les dépôts résiduels, associés à quelques quartz provenant des grès et des poudingues alors que tous les autres faciès calcaires, marneux ou argileux auront disparu.

2. *L'âge des dépôts.* Ph. Zürcher pense être là en présence d'affleurements correspondant partie à l'Aquitainien, partie au Miocène inférieur¹ (feuille de Draguignan au 80 000^e), tandis que L. Collot considère ces mêmes dépôts comme Miocène inférieur (carte d'Aix-en-Provence au 80 000^e, 1^{re} éd.).

Dans sa thèse, A. F. de Lapparent, qui fut le premier à faire une étude stratigraphique détaillée de ces dépôts, s'appuie sur une fine analyse paléontologique pour rapporter cette formation au Vindobonien, c'est-à-dire au Miocène moyen (cf. la liste donnée par A. F. de Lapparent [1938, p. 143 et suiv.]).

3. *Répartition des dépôts.* Sans entrer dans une description détaillée des affleurements du Vindobonien continental déjà connus et pour laquelle je renverrai le lecteur aux différents auteurs, j'en ferai une rapide nomenclature.

a) *Région de Barjols.* Le plus grand dépôt de Vindobonien, qui fut étudié notamment par L. Collot, Ph. Zürcher et A. F. de Lapparent, est celui qui, de Seillons à La Verdrière, se suit sur 20 km en longeant la bordure du massif des Selves et du camp d'Aigue-Morte, reposant aussi bien sur le Trias que sur le massif jurassique, en passant par Brue-Aurillac, Barjols et Varages.

A cet affleurement principal, il faut rattacher celui des Paulets, au S de Bras, ainsi que quelques lambeaux résiduels entre Bras et Barjols. Nous situerons encore dans ce cadre les dépôts de Palière et de La Baumelle, au N de Correns, signalés par G. Mennessier [1957].

b) *Les environs de Rians.* Dans sa thèse, A. F. de Lapparent [1938] signale d'autres lambeaux dans les environs de Rians, notamment : près de Rians (versant sud de la colline 408) ; bois de Montmajor (sur le flanc nord

de la colline) ; près de la Grande-Bastide ; à Saint-Antoine ; dans la plaine de Valavès (deux buttes qui émergent du Quaternaire) ; au Seïs.

c) *Entre La Verdrière et Ginasservis* : près de la plâtrière du Timbre ; ainsi que les dépôts cités par A. F. de Lapparent : au plan d'Auron, dans la cuvette de Bourdas et dans la dépression de La Raphèle.

d) *Entre Fox-Amphoux et Draguignan* : à Peyroste (sur la route de Fox-Amphoux à Aups) (G. Mennessier [1957] a du reste montré récemment que ce dépôt était plus étendu que ne l'avaient cru les premiers auteurs) ; aux environs de Mousque ; au Castellar et aux Mandins (au SE de Tourtour) ; aux Moulières (au N de Lorgues).

e) *A l'E de Draguignan* : les dépôts signalés par Guéhard, près de Seillans (à la Colette et à la bastide d'Aïsse) et entre Saint-Céaire et Saint-Vallier-de-Thiery ; et ceux signalés par A. F. de Lapparent à Fontmichel.

4. *Conclusion.* Telle est la liste des dépôts vindoboniens qui ont été signalés jusqu'à ce jour. L'immense étendue sur laquelle on retrouve ces affleurements a fait dire aux auteurs qu'il s'agissait d'une formation lacustre ou fluvio-lacustre. Sans méconnaître les efforts de A. F. de Lapparent à qui on doit les seuls essais de synthèse relative à cette étude, ni ceux de G. Mennessier qui a apporté [1957, 1959] de grandes précisions sur le réseau hydrographique qui alimentait ce lac à l'Est, personne n'a encore établi les limites de ce lac, ni indiqué ses exutoires. C'est ce que je vais tenter de faire ici mais, auparavant, il est nécessaire d'exposer les nouvelles observations que j'ai faites sur le terrain.

II. LES NOUVEAUX DÉPÔTS. — Pour plus de clarté, la région sera divisée en trois zones : la région de Saint-Maximin et du Plan d'Aups-Mazaugues ; le massif jurassique des Selves et du camp d'Aigue-Morte ; le massif de Ginasservis. Une description très succincte des dépôts sera donnée en allant du Sud vers le Nord.

1. *Région de Saint-Maximin et du plan d'Aups-Mazaugues.* Sauf quelques exceptions locales, on ne peut parler ici de dépôts au sens réel du mot mais simplement de lambeaux résiduels qui, assez abondants, sont caractérisés par la présence de :

— *brèches à éléments locaux* non roulés ou à peine roulés ; l'aspect de ces brèches avec leur ciment calcaire grossier de couleur généralement jaunâtre, parfois café au lait clair, est tout à fait caractéristique ;

— *galets de quartz* épars, de taille très variable puisqu'il existe tous les intermédiaires entre le petit cailloutis de quelques millimètres de lon-

1. Je respecte ici la notation de Zürcher bien que, personnellement, je considère l'Aquitainien comme la base du Miocène.

gueur, et le véritable galet d'une dizaine de centimètres de grand axe; tous sont parfaitement roulés et leur morphoscopie dénonce une origine fluviale;

— *nodules pisolithiques* de limonite rouges, bruns ou noirâtres, dont les dimensions oscillent entre quelques millimètres et 1,5 ou 2 cm au maximum;

— grès assez grossiers;

— quelquefois aussi, *étalements superficiels de sables*;

Aucun fossile ne s'associe à ces éléments, mais la rigoureuse identité de faciès de ces dépôts avec les formations datées par la paléontologie permet de les attribuer au Vindobonien.

Les zones les plus riches en dépôts sont les suivantes :

a) *Entre Rougiers, Tourves, Bras et Seillons.* Dans cette région, où n'affleure que le Trias de la bande de Barjols, se trouvent d'abondants lambeaux de Miocène moyen dont certains sont en place et les autres résiduels. En voici une nomenclature succincte :

— Entre Rougiers et les Préjaux :

• *en place* : au SW de Rougiers, peu à l'W du Vieux Réservoir (grès et brèche) — entre la plaine Castel et les Préjaux (un peu de brèche);

• *résiduel* : brèches, sables et quartz pouvant atteindre 10 cm, particulièrement abondants au S de la Riperte et autour de Blacailoux — quelques nodules de limonite.

— Sur la route de Mazaugues, dans la dépression triangulaire située entre le Défend et les Malausses (sables et petits cailloutis accompagnés de limonite).

— Au N de Piaspe, à l'W de la Riperte et à l'E de la route de Rougiers (cailloutis).

— Dépression de Valjancelle (quelques rares quartz).

— Au SW de Boulon (quelques rares petits quartz).

— Bord oriental de la dépression de la Viguerie et de la Batelière (quelques rares petits quartz).

— Au NE de Campflor-ruines (quelques cailloutis).

— Aux alentours de la bastide Carelesse (quartz et brèche).

— Partie orientale de la colline de Muschelkalk, située à l'W du Cauron et à l'E de la ferme Martelle (cailloutis).

— Cultures au SE de Fresquière et sur la rive gauche du Cauron (quelques cailloutis).

— Entre Saint-Maximin et la ferme Maurel (au N de la voie ferrée) (brèche et quelques cailloutis).

— Bouchen (quelques rares quartz).

— Vallon de Saint-Maximin (quelques rares quartz mais qui proviennent d'un remaniement plio-quaternaire).

— Dépression au SW de la chapelle Saint-Étienne, au N et au S de la route de Saint-Maximin à Bras (quelques quartz).

— Dépression au SW de la Jardinière (quelques petits quartz).

— Dépression au NW de Vêrane (brèche).

— 1 700 m au NE de Saint-Maximin, aux alentours du carrefour 312,4 (quartz).

— Champ 150 à 200 m au NW du carrefour 312,4 (beaucoup de quartz).

— Dépression au SW de l'Ouvière (beaucoup de quartz et assez gros).

— Dépression au NE de la Régalette (quelques quartz).

— Champ coté 293,6 à l'W de la route de Seillons (quartz et limonites).

— Dépression de Saint-Jacques :

• *en place* : sur la butte 327,2 — à l'E de cette butte, près du contact entre le Muschelkalk et le Keuper (poudingues très riches en quartz) — au SW de la ferme, près du contact Muschelkalk-Keuper (poudingue) — 150 m au NW de la cote 334,7 (poudingue);

• *résiduel* : dans toute la dépression (beaucoup de quartz, parfois assez gros).

— Dépression à l'E de Counillière (quartz).

— Partie nord de la dépression située 1 km à l'E de la Counillière (brèche, quartz gros et abondants).

— Dépression entourant un îlot de Muschelkalk, au SW des Figueiroles et à l'ENE de la ferme de Counillière :

• *en place* : bord sud-est de la colline de Muschelkalk cotée 341,0 (poudingue);

• *résiduel* : dans toute la dépression, sauf aux abords de la ferme de Clapier (quartz assez gros, abondants dans le Sud et le Sud-Est).

— Dépression au NE des Figueiroles et au S du clos d'Auran (quelques petits quartz).

— A 150 m à l'W de la ferme de Cadry (brèches et poudingues en place et galets résiduels autour).

— 400 m au S de Saint-Estève (poudingue mal cimenté, en place, sur le bord de la route de Font-Curnière, entouré de cailloutis résiduels, surtout vers le Nord).

A cette liste, nous ajouterons des lambeaux isolés, situés à l'W de Saint-Maximin :

— Près de l'ancienne carrière de marbre et du réservoir qui se trouvent au S de la route nationale 7 (quartz).

— Au N de cette même route, sur le plateau de Crétacé inférieur, entre Ollières et Pourcieux (quartz).

Je n'ai pas compris dans cette énumération les environs immédiats (vers le Sud et le Sud-Est) de Saint-Maximin, où l'on trouve cependant, dans le triangle compris entre la bastide Lavillon, Martelle-ferme et Saint-Maximin, des cailloutis résiduels de quartz qui sont parfois même très abondants, car on peut se demander dans quelle mesure leur présence n'est pas due au délavage du Bégudien de Recours-ferme. Cela est même fort probable; toutefois, la présence de brèche miocène est indiscutable. Il se peut d'ailleurs que le remaniement du Crétacé supérieur de Recours se soit produit en partie au Vindobonien.

b) *Cas particulier du Plan d'Aups-Mazaugues.*

— *Au S du Piégu et du Défend.* Suivant une ligne grossièrement parallèle à la ligne de crête du Piégu, de la chapelle Saint-Jean et du Défend, et au S de celle-ci, depuis le lieu dit « les quatre chênes », jusqu'au carrefour des chemins situé près de la cote 527,1 en passant par le Jas Dei, se trouvent disséminés sur les dolomies et les calcaires du Jurassique supérieur des petits

galets de quartz associés à des nodules de limonite.

Il est évidemment difficile de préciser si l'on est véritablement en présence de Miocène. Bien que j'incline fortement à le croire, il est certain que l'on peut faire les objections suivantes :

— si ce n'est dans cette zone de Jurassique, le plateau du Plan d'Aups voit affleurer, au N du village du Plan d'Aups, le Bégudien détritique qui est riche en cailloutis de quartz; on pourrait donc être ici en présence d'un étalement pur et simple de Bégudien. Cela est fort possible et je suis loin d'en nier l'éventualité; cependant la patine de ces cailloutis ne ressemble pas à celle du Bégudien.

— quant aux nodules de limonite, ils ne sont pas non plus caractéristiques car s'ils sont fréquents dans le Miocène continental, ils sont encore plus abondants dans la bauxite qui est ici à quelques pas et en continuité topographique. Il se peut donc, là encore, qu'il s'agisse d'un simple étalement post-crétacé.

Mais à ce sujet, je ferai une remarque : quelle est, dans le Vindobonien lacustre, l'origine des pisolithes limonitiques ? Il me semble fort probable qu'elle soit due au délavage de la bauxite elle-même, car en Provence, aucune autre formation anté-miocène n'en est pourvue, si ce n'est localement, et rarement le Bégudien qui, lui-même, a dû les arracher à la bauxite. Ceci, sans être une preuve, me paraît tout de même un argument pour admettre que les eaux du lac vindobonien caressaient les affleurements bauxitiques qui, dans la région, ne se rencontrent que sur le plateau du Plan d'Aups et sur les bords du synclinal d'Ollières.

Ainsi, en toute logique, il semble possible de considérer ces quelques cailloutis de quartz et les nodules limonitiques comme les restes de dépôts vindoboniens.

Quant à la différence d'altitude qui existe entre ces dépôts (500 à 650 m) et les autres affleurements du Vindobonien, cela ne constitue en aucun cas une objection car elle est due au jeu de la faille du socle de la Sainte-Baume.

— *A l'E du Petit-Saint-Cassien*. A la bifurcation des routes qui du Plan d'Aups vont l'une à Rougiers et l'autre à Mazaugues, dans une petite dépression cultivée de lavande et entourée de calcaires crétacés, on retrouve, à 715 m d'altitude, quelques quartz mal roulés, pouvant atteindre 4 à 5 cm. Bien qu'il soit permis de le penser, je n'ose affirmer que nous ayons là du Miocène car la seule présence de quartz, et qui plus sont mal roulés, est évidemment insuffisante pour trancher la question. Remarquons toute-

fois que les quartz sont trop gros pour pouvoir être comparés aux minuscules grains que l'on rencontre parfois dans les couches détritiques du Crétacé supérieur, à proximité desquels ils se trouvent.

— *Mazaugues*. A 390 m d'altitude, près des ruines de la bastide du Plan, sur le bord sud de la route, on peut observer d'abondants cailloutis dont la taille, très variable, peut atteindre 6 à 7 cm. Il s'agit ici très probablement de Vindobonien résiduel.

— *Entre Tourves et Mazaugues*. Dans une légère dépression sise à 375 m d'altitude, à l'E du Caramy et très peu au N d'Ambard, nous retrouvons dans une terre argileuse des petits cailloutis de quartz et des nodules limonitiques. Cette fois les faciès sont caractéristiques : nous sommes en présence de Vindobonien résiduel et ceci est capital car cet affleurement est sur le socle de la Sainte-Baume, c'est-à-dire sur l'unité du Plan d'Aups et au S de la faille de la Sainte-Baume.

2. *Massif jurassique des Selves et du Camp d'Aigue-Morte*. Sur tout ce vaste massif situé entre Pourrières, Brue-Aurillac, La Verdrière et Rians, de semblables dépôts de Vindobonien détritique se retrouvent, caractérisés par l'habituel cortège de brèches, de sables, de cailloutis de quartz et de nodules limonitiques. Quelques affleurements sont encore en place mais la plupart du temps nous constatons de simples étalements résiduels. D'Ouest en Est et du Sud au Nord, voici quels sont les restes vindoboniens qui n'ont pas encore été signalés.

a) PARTIE MÉRIDIONALE DU MASSIF.

— *Au NE d'Ollières* (à 400-415 m d'altitude) : sur le plateau situé à l'E de Beauvillard, petits cailloutis de quartz et nodules de limonite. Malgré la proximité du Crétacé supérieur détritique et de la bauxite qui est riche en nodules de limonite, et malgré l'absence de brèche, il y a de forte chance que cet étalement représente le Vindobonien car il se situe 50 à 60 m au-dessus du synclinal crétacé d'Ollières.

— *Au N de Pourrières* : au S et à l'E de la Dispute, sur les plateaux situés à 460 m d'altitude moyenne (quartz et débris basaltiques).

— *Dépressions de la Rimade et de Longagne* (455-465 m) : quartz et limonites assez abondants, surtout au Sud-Est.

— *Dépression des Basses-Selves* (525 m) : cailloutis et sables.

— *Sur toute la surface du plateau*, entre le Haut Pré Ricour, les Basses-Selves et la Bastidasse (515 m d'altitude moyenne), ainsi qu'entre la crête des Gaches et le vallon des Abeilles (étalement de cailloutis et limonites bien que peu abondants et plaques sableuses).

— *Le Puits d'Agné* (355 m) : dépression remplie de Vindobonien en place (brèche sur le bord ouest et argiles avec des encroûtements calcaires dans le reste de la cuvette). C'est à la faveur d'une course que j'ai faite

en compagnie de A. F. de Lapparent que ce dépôt, si important par sa situation géographique, a été découvert.

— *Sur la surface des plateaux environnants*, notamment sur le plateau de la Cabassone (380-395 m) (cailloutis), à 800 m à l'WSW de Piégros (430 m) (quelques rares petits quartz), et sur le plateau situé entre les vallons de Cantarelle et de Saint-Martin (390-420 m).

b) PARTIE SEPTENTRIONALE DU MASSIF.

— *De la Bérarde à Saint-Martin-des-Pallières*, on retrouve de semblables cailloutis épars :

- peu au S du hameau des Vernes (cailloutis et sables),
- dans les dépressions de Fontenouille (quartz),
- les d'Abrahams, au NE de la Colle-Pellée (beaucoup de quartz),
- dans la plaine du Juge (quelques cailloutis),
- au puits de Campagne (quelques cailloutis),
- entre le Camp d'Abram et l'Audignier (quartz relativement abondants),
- enfin, dans un îlot tout à fait remarquable par sa petitesse qui s'oppose à l'abondance des galets de quartz, sur le bord nord-ouest du tournant à angle droit de la route de Seillons à Saint-Martin-des-Pallières, entre les Roumeguières et les Plaines.

— *Bois de Mont-Major*. Sur le bord de la route d'Esparron à Ginasservis, au carrefour avec un chemin, à la cote 429,2, se trouvent d'abondants galets de quartz atteignant 6 à 7 cm, mais non cimentés, tous parfaitement roulés. Ce dépôt se prolonge par un étalement de galets sur presque toute la surface du plateau, de chaque côté de la route.

C'est très certainement de ces cailloutis dont L. Collot parlait dans sa thèse lorsqu'après avoir signalé [1880, p. 166] la présence, au S de la Nove, « d'un lambeau étroit et très mince d'un terrain lacustre indéterminé, formé de marnes et de calcaire blanc », il ajoutait : « des graviers siliceux qui ont subsisté au Sud, sur le plateau jurassique, paraissent se rattacher à ce terrain ». Ainsi, le lacustre indéterminé de Collot n'était autre que du Vindobonien.

3. *Massif de Ginasservis*. Une fois de plus, nous retrouvons sur l'ensemble de plateaux que forme

ce massif, entre Saint-Paul-lès-Durance et la Verdrière, des éléments détritiques résiduels dont le faciès ne peut laisser de doute sur son origine vindobonienne et qui sont, du reste, associés à d'importants affleurements signalés antérieurement par les auteurs (cf. p. 425). Je signalerai ces quelques dépôts d'Ouest en Est :

— *Plateau de Rouvière-Plane* : sables et petits cailloutis (entre la montagne de Vautubière et la route de Saint-Paul à Rians) à 400 m d'altitude. Quelques petits galets de quartz se rencontrent encore dans le vallon situé à l'E des Derros.

— *Au N du Camp d'Estraou*, dans les dépressions de la Roque, Rouvière-Plane, et ce, jusqu'à 200 m environ au SW de la Garonne : quelques petits cailloutis, sables francs et terres sableuses, ainsi que sur le plateau du Cros-de-Nabus : petits quartz.

— *Au NE et à l'E du Camp d'Estraou*, dans la dépression située entre l'Hubac de Maréou et le Camp d'Estraou : petits quartz avec limonites et terre sableuse.

— *Partie sud de l'Hubac de Maréou* : quelques rares cailloutis et terre très sableuse.

— *A Brégaunoué* et sur le flanc de l'Eouvière et du Camp de l'Eguier : quelques petits cailloutis mais de moins en moins nombreux d'Ouest en Est et du Sud-Ouest au Nord-Est.

— *Peu à l'W de Ginasservis*, sur les flancs du Mont-Carmel : quelques petits quartz mais peu abondants.

— *A l'ESE de Ginasservis*, dans les champs, entre la chapelle Saint-Damase et les Blaques-Piconillier : rares cailloutis.

— Les dépôts de *Bourdas et de la Raphèle* se prolongent par un étalement de quelques galets et limonites.

— *Au S de Saint-Julien-le-Montagné* : grosses limonites au SW du carrefour des routes situé à la cote 493,9.

— *Peu à l'E de la route de Saint-Julien à la Verdrière*, quelque 500 m au SE des Portes : sables.

— Enfin à l'W de *Saint-Julien-le-Montagné*, sur le plan de la Phare, la terre est très sableuse et on peut trouver quelques rares petits galets de quartz.

Interprétation générale.

Cette longue description a le mérite de nous montrer que c'est sur une immense étendue qu'il est possible de trouver des lambeaux de Vindobonien fluvio-lacustre, tant en place que résiduel. En effet, du Plan d'Aups à Ginasservis et même un peu plus au Nord, c'est sur 30 km que nous suivons ces dépôts, reposant toujours sur des plans arasés, à peine rajeunis par le Plio-Quaternaire. D'Ouest en Est, les limites de la surface intéressée par ces dépôts sont plus difficiles à préciser, en partie à cause de l'affouillement du synclinal d'Aix-en-Provence qui a vraisemblablement contribué au déblaiement des affleurements vindoboniens². Quoi qu'il en soit, de la Dispute, au N de Pourrières, à Fox-Amphoux, on observe des dépôts sur 34 km.

Je ferai remarquer la forme triangulaire de la surface sur laquelle on trouve les affleurements qui, de Vaulongue, s'élargit constamment jusqu'à Ginasservis, en bordure de la mer vindobonienne. Ceci nous permet dès maintenant d'évoquer plutôt qu'un lac, la présence d'un delta et c'est, du reste, ce que vont confirmer les quelques observations qui vont suivre.

I. LAC OU DELTA. — 1. *Le raccord des eaux continentales avec la mer*. A l'Helvétien et au Tortonien, la mer occupait le golfe durancien et se trouvait donc aux environs d'Aix-en-Pro-

2. Cette question sera étudiée en détail dans une prochaine note.

vence, à Peyrolles, Saint-Paul-lès-Durance, Vinon et Valensole. Elle se situait ainsi très près de Ginasservis et de Saint-Julien-le-Montagné où l'on rencontre des restes certains de Vindobonien continental. Or la morphologie du sol dans cette région nous conduit à penser que nous étions là sur une basse côte, très aplanie, comme en témoigne l'arasement complète des plateaux.

En effet, si le raccord entre les eaux continentales et la mer est à jamais effacé par l'affouillement du Verdon et les dépôts des poudingues pontiens et pliocènes de Valensole, il n'en reste pas moins vrai qu'il devait se faire le long d'une côte très plate qu'aucun relief ne venait accidenter et qu'aucune vallée ne devait entamer. Le pli de Vinon était déjà arasé puisque, aussitôt après, les poudingues de Valensole le recouvrent suivant un plan horizontal. Par ailleurs, ni la stratigraphie, ni la morphologie ne nous permettent de penser qu'il existait une vallée en ce lieu³.

Ainsi les eaux de la lagune de Saint-Maximin se déversaient dans la mer tout au long d'une côte plate qui s'étendait sur une trentaine de kilomètres entre Saint-Paul et Artignosc ou entre Saint-Paul et Valensole.

2. *La morphologie de la lagune de Saint-Maximin.* Si nous examinons rapidement le relief du fond des eaux continentales, nous constatons de suite que, si la morphologie d'ensemble est arasée, le détail nous offre de sensibles variations d'altitude.

Mis à part le cas du plateau du Plan d'Aups dont la grande dénivellation par rapport au niveau moyen de la lagune a une origine tectonique, il n'en reste pas moins évident que l'altitude des lambeaux vindoboniens, tant en place que résiduels, présente de notables différences.

Si les affleurements du Trias de Saint-Maximin se situent autour de 300 à 350 m, dans le massif des Selves on les observe à quelques 500 m (sauf au Puits d'Agné où le Vindobonien en place se situe à 357 m) et dans la région de Ginasservis à 450 m de moyenne, et tout cela avec d'importantes variations locales (se reporter à la description des dépôts). Au milieu de tout cet ensemble, le Miocène de Seillons-Barjols-La Verdrière se présente nettement en contrebas puisque, même en surface, il affleure à une altitude moyenne de 300 m.

Par conséquent, si l'ensemble du pays représente une surface d'arasement, localement on peut observer quelques dépressions parmi lesquelles celle de Seillons à La Verdrière doit être considérée comme un chenal d'écoulement des eaux qui devait être entouré de marais et d'étangs et entre lesquels émergèrent quelques sommets

surbaissés tels que les Selves. Ces sommets ne devaient jamais dominer les plateaux de plus de 100 à 200 m.

La morphologie était donc très évoluée mais non sénile et si le paysage que je viens de reconstituer n'est guère conforme à celui d'une région lacustre, il présente, par contre, tous les caractères d'une contrée deltaïque.

II. LES LIMITES DU DELTA. — De Vaulongue à la Durance, il est possible de suivre les limites du delta vindobonien : les massifs de l'Olympe et du Mont-Aurélien, de la Sainte-Victoire, du Grand-Sambuc et de Concors devaient, du côté occidental, constituer ses limites naturelles, tandis qu'à l'Est, les contours apparaissent avec moins de netteté. Cependant, le bois du Val, le massif de Bras et les Bessillons formaient sa bordure, mais plus au Nord-Est les observations se compliquent.

G. Mennessier [1957] a montré que deux rivières venant de l'Est et du Sud-Est empruntaient des vallées dont il a indiqué le tracé par les environs de Vidauban, Carcès, Correns, Châteauvert, Barjols (où elle recevait un affluent en rive gauche), Varages et la Verdrière (pour la rivière de Carcès) et par Bonneau, Flayosc, Salernes, Amphoux et Montmeyan (pour la rivière de Salernes).

Si l'on en croit G. Mennessier, il s'ensuit que les eaux du delta n'atteignaient pas Barjols puisque la rivière de Carcès y recevait un affluent en rive gauche, et ne devait pas dépasser vers l'Est Varages et la Verdrière, ces localités étant irriguées par cette même rivière de Carcès.

Les résultats de G. Mennessier reposent sur une fine observation de terrain et nous ont fourni de nombreuses données nouvelles, toutefois que M. Mennessier me permette d'apporter quelques petites modifications qui semblent s'imposer.

Si la rivière de Carcès gagnait Barjols, ce n'est pas un affluent qu'elle y rencontrait mais le delta vindobonien dans lequel elle venait se jeter aux abords de Châteauvert ; sa vallée devait du reste s'élargir considérablement depuis Montfort, ainsi que la morphologie des lieux nous le montre.

Quant aux plans totalement arasés qui entourent Montmeyan à l'Ouest et à l'Est, étant situés rigoureusement à la même altitude que ceux qui environnent Ginasservis et la Verdrière et avec lesquels ils sont en continuité, ils font partie de

3. J'exclus momentanément de cette étude le problème des sables rouges de Vinon que je traiterai dans une publication ultérieure.

la surface deltaïque et c'est aux environs de Salernes qu'il faut situer la confluence de la rivière et du delta.

Ainsi au Nord-Est, les limites du delta correspondaient aux hauteurs du bois de la Colle (800 m) et de la montagne des Espiguères (880 m)

que prolongent des sommets de plus de 1 000 m.

Vers le Nord, au-delà de Ginasservis, de Saint-Julien-le-Montagné et d'Artignosc nous perdons la trace du delta dont les dépôts sont définitivement masqués par les poudingues de Valensole mais il ne fait aucun doute que les eaux con-

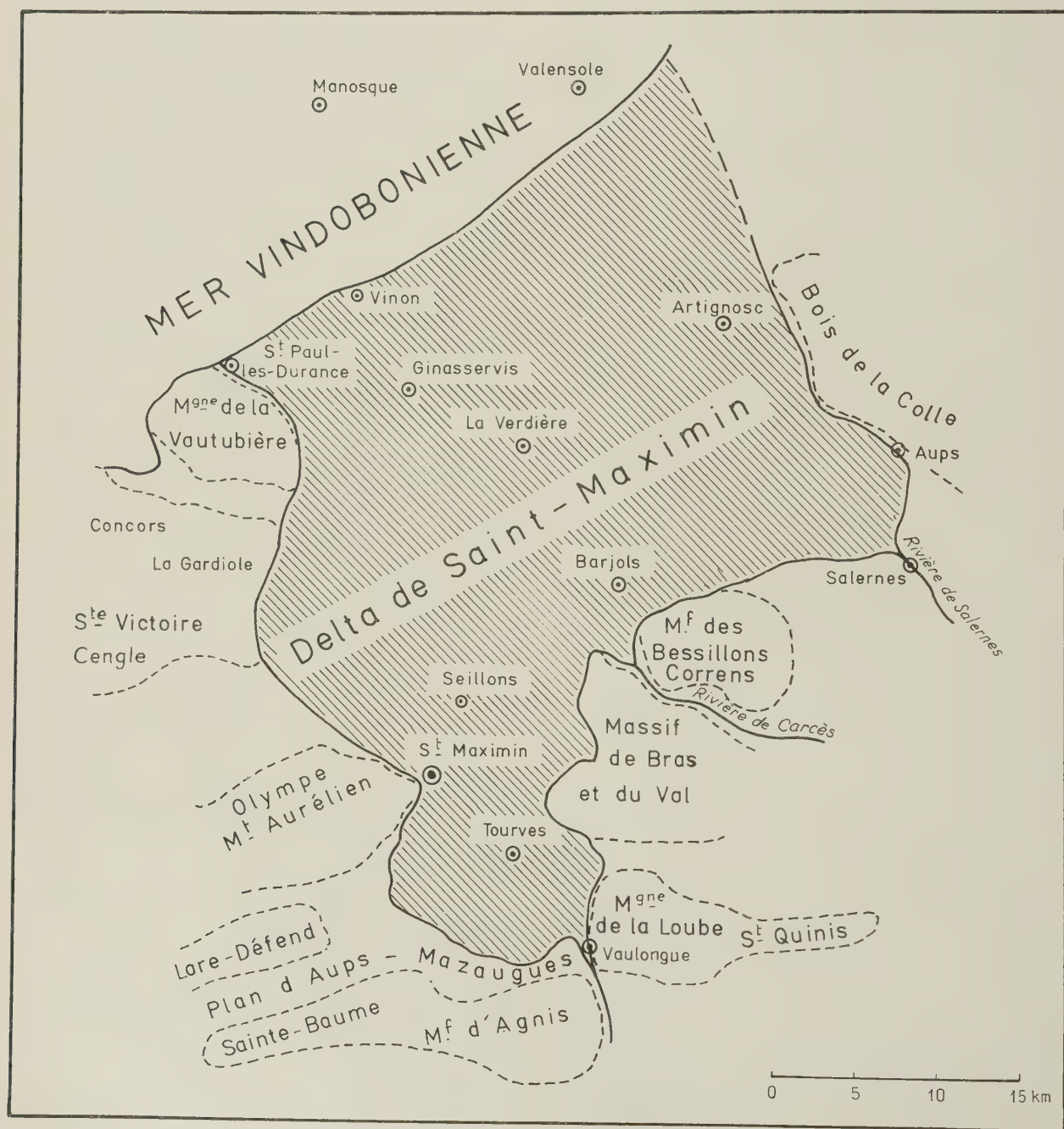


FIG. 1.

tinentalles s'étendaient jusqu'à la mer, c'est-à-dire jusqu'à Saint-Paul-lès-Durance, Vinon et les abords de Valensole.

III. CONCLUSIONS. — Il est impossible de reconstituer plus en détails le paysage vindobonien de cette région, d'autant que les vallées ont dû se déplacer au cours des temps, ce qui explique que dans le Nord, c'est-à-dire près de la mer, l'on puisse trouver plus de zones déprimées que dans le Sud. Par contre, dans la partie méridionale, une vallée semble avoir particulièrement marqué le pays, formant une ligne sinueuse en contrebas des plateaux et que l'on suit de Vaulongue à La Verdière en passant

par Tourves, Saint-Maximin, Seillons, Brue-Aurillac, Barjols et Varages.

Cette vallée est du reste en majeure partie tectonique puisqu'elle suit sur 20 km l'accident qui sépare le Trias de Barjols du Mont-Aurélien et du massif du Camp d'Aigue-Morte.

Il n'est pas surprenant que la vallée soit fortement alluvionnée, étant donné que de puissants cours d'eau y débouchaient par Vaulongue, et que sa pente jusqu'à la mer devait être très faible. Quelques rivières se jetaient directement dans le delta, sur son rivage oriental, tels les cours d'eau de Carcès et de Salernes décrits par G. Mennessier. Pour le premier, le confluent se situait près de Châteaufort et pour l'autre à Salernes.

Bibliographie sommaire.

- COLLOT L. (1880). — Description géologique des environs d'Aix-en-Provence. Thèse, Montpellier.
- CORNET C. (1959). — Évolution morphologique en Basse-Provence depuis le Miocène. *B. S. G. F.*, (7), I, p. 844-853.
- GUÉBHARD A. (1900). — Carte géologique au 80 000^e du SW du département des Alpes-Maritimes. *C. R. VIII^e Congr. géol. intern. Paris*, 1^{er} fasc., pl. VI.
- (1904). — Traces de poudingues à 1 300 m d'altitude sur le Jurassique du Montet, à la Malle (A.-M.). *B. S. G. F.*, (4), IV, p. 776-779.
- (1915). — Découverte de deux lambeaux de Miocène lacustre sur la commune de Seillans (Var). *C. R. somm. S. G. F.*, p. 95.
- (1917). — Carte géologique détaillée du NE du département du Var. *Notes provençales*, n° 2.
- LAPPARENT A. F. DE (1938). — Études géologiques dans les régions provençales et alpines entre le Var et la Durance. *Bull. Serv. Carte géol. France*, t. XL, n° 198, 300 p., 7 pl.
- MENNESSIER G. (1957). — Le réseau hydrographique vindobonien en Basse-Provence orientale (feuille de Brignoles, Salernes et Tavernes au 50 000^e). *Ibid.*, t. LV, n° 252, p. 205.
- (1959). — Étude tectonique des confins alpino-provençaux entre le Verdon et l'Argens. *Mém. Soc. géol. France*, nouv. sér., t. XXXVIII, n° 87, 174 p.

Les dissolutions de gypses antéludiens dans le centre de l'Ile-de-France et leurs dangers pour les constructions

par Robert SOYER*.

Sommaire. — La venue au jour d'une cloche souterraine dans une rue située au centre d'un groupe d'habitations à Aubervilliers attire de nouveau l'attention sur la nécessité d'effectuer des sondages d'étude profonds dans les régions où l'on peut présumer que des bancs de gypse ont été dissous, tant dans les formations bartoniennes que lutétiennes. La dissolution des gypses par les eaux souterraines fait en outre perdre annuellement à la région parisienne un cube non négligeable de cette roche.

Le 17 novembre 1960, un cantonnier effectuait une réparation à la chaussée de la rue Danielle-Casanova, à Aubervilliers, quand soudain sa pioche rencontra le vide. L'ouverture agrandie avec précaution révéla l'existence d'une vaste cloche d'un volume d'environ 1 500 m³. La presse relata cette inquiétante découverte et émit plusieurs hypothèses : existence d'une ancienne carrière souterraine ; présence d'un souterrain partant du fort d'Aubervilliers ; fuite d'une ancienne conduite d'eau. Elles se révélèrent toutes inexactes, ainsi que deux descentes effectuées peu après dans la cavité m'ont permis de le constater.

LA « CLOCHE » D'AUBERVILLIERS. — La cavité affecte l'allure d'une ellipse dont le grand axe suit la rue Danielle-Casanova et dont le petit axe est orienté vers le Nord. Sa paroi est subverticale du côté sud ainsi que dans la partie méridionale de la paroi orientale. Elle est très oblique vers le Nord-Nord-Est, où elle constitue une voûte secondaire prolongeant la cavité principale longue d'environ 15 m et de largeur équivalente. La cloche est donc subcirculaire à sa base.

La hauteur apparente est également de 15 m à l'endroit le plus profond, c'est-à-dire au pied de la paroi nord-nord-est, où toutefois le pied du talus de déblais masque le sol. Le talus d'éboulis, dont la crête est située à 7 m de la surface, est orienté dans la même direction avec une pente de 50 gr.

Aucune venue aquifère n'est visible et les roches ne présentent que l'humidité normale due à leur eau de carrière.

La coupe stratigraphique est la suivante, de haut en bas :

Sol à + 41,40 m		
Bitume.....	0,06 m à	0,08 m
Remblai de sable et graviers....	0,20	0,25
Pavage.....	0,15	0,15
Forme de pavage.....	0,20	0,20
6 Terre végétale noire compacte...	0,60	0,70
5 Sable argileux vert, compact (Sables de Monceau).....	0,80	1,00
4 Marnes argilo-sableuses feuilletées bariolées.....	0,80	0,85
3 Sable vert et noirâtre, à passages argileux, feuilletés et bien lités.	0,80	1,00
2 Marne calcaire crème et blanc-rosé (Calcaire de Saint-Ouen).	7,00	7,00
1 Calcaires durs, compacts, grisâtres, visibles sur.....	4,00	4,00
Profondeur.....	14,61 m à 15,23 m	

Au contact des calcaires et des marnes, plusieurs filets de magnésite soulignent par leur allure la déformation des couches constatée au Nord-Nord-Est. La série est affaissée d'environ 3 m de ce côté et les couches sont déformées par le bas, indiquant ainsi le comblement d'un ancien cheminement souterrain orienté au Nord-Nord-Est. Sur la paroi sud de la cloche, masquée en grande partie par les éboulis, l'allure des bancs

* Note présentée à la séance du 6 novembre 1961.



FIG. 1. — La « cloche » d'Aubervilliers. Paroi sud-ouest et orifice supérieur du fontis ; *Cliché Henrot*
13 juillet 1962.

supérieurs du Calcaire de Saint-Ouen est régulière, et seules apparaissent les petites ondulations habituelles des assises de la région parisienne. Les bancs calcaires sont noircis, oxydés et patinés, attestant ainsi l'ancienneté du phénomène auquel est due la venue au jour du fontis.

Processus d'érosion interne. Le fait le plus important et le plus démonstratif est l'importance du vide constaté, atteignant les 3/5 du volume de la cloche. Les sédiments ont été nécessairement déblayés et entraînés par une circulation puissante s'étant sans doute effectuée au Pléistocène par une galerie naturelle dirigée suivant la pente naturelle des assises, orientée au Nord-Nord-Est en direction du thalweg du synclinal de la Seine passant à 600 m environ, aux limites d'Aubervilliers et de la Courneuve.

La création de cette galerie paraît due à la dissolution de bancs de gypse interstratifiés dans les marno-calcaires de l'horizon de Saint-Ouen, plus nombreux qu'on le supposait dans la région parisienne, et sur lesquels j'ai attiré l'attention [1953, p. 226 ; 1960].

Le caractère sournois de telles cavités est d'autant plus dangereux que leur existence est imprévisible. Celle d'Aubervilliers s'est heureusement ouverte sous une chaussée de création récente et non sous un immeuble. Des sondages préalables n'avaient décelé aucune anomalie stratigraphique dans la série traversée, ni le profil géologique du collecteur Pantin-La Briche passant à moins de 100 m à l'E du fontis, dont le radier situé à la cote 27,80 est à la même profondeur que le fond de la cloche.

L'effondrement du sommet de celle-ci est certainement très récent, l'établissement de la chaussée (1955) n'ayant appelé aucune observation, et une canalisation, posée au siècle dernier dans les Sables de Monceau vers 2,20 m de profondeur, a fonctionné très longtemps. La disposition de la cloche et du talus d'éboulis ne correspond pas au type classique des effondrements souterrains dont le mécanisme a été analysé par M. J. Goguel [1953]. Par contre, dans les massifs gypseux ludiens, la position du talus d'effondrement est bien conforme à celui-ci. C'est ainsi qu'à Montreuil-sous-Bois, lors de la construction du C.G.C. n° 37 sur le flanc septentrional du massif de Montreuil, une cloche souterraine de 6 m de hauteur et de 12 m de diamètre à la base a été décelée dans la partie supérieure de la haute-masse du gypse, à 2 m du toit, dans une zone dépourvue de carrières souterraines, mais sous l'action d'une circulation aquifère active, provoquant la chute de blocs et édifiant un cône central de 2 m de hauteur.

Si l'érosion souterraine des bancs gypseux n'atteint pas dans la région parisienne l'ampleur qu'elle présente dans les gypses du Trias alpin [David-Martin, 1914], elle n'en a pas moins modifié profondément le tréfonds de certaines vallées quaternaires et en particulier celle de la Marne, dans la plaine de Sevrans [Dollfus, 1903 ; Janet, Dollfus et Boursault, 1903] et dans celle de Noisy-le-Sec [Morin, 1909].

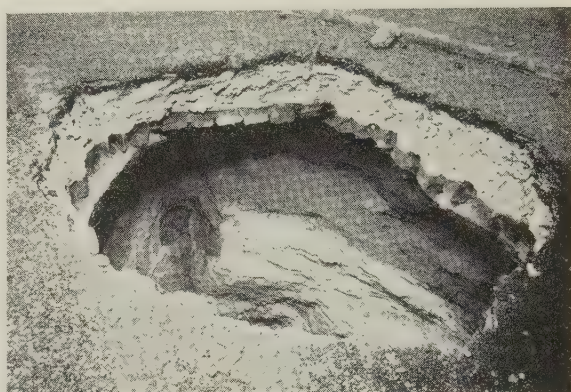


FIG. 2. — La « cloche » d'Aubervilliers.

Orifice supérieur du fontis et extrémité nord-ouest de l'égout rompu.

La rencontre de chenaux et galeries de cours d'eaux souterrains fossiles dans les masses principales du gypse est banale ; elle est connue depuis longtemps, puisque Héricart de Thury [1832] signalait déjà des « fissures » de plus de 1 m de largeur et dépassant 100 m de longueur dans une carrière de Grisy-les-Plâtres. Récemment, on pouvait voir, dans la partie occidentale de la haute-masse de la carrière Lambert à Cormeilles-en-Parisis, un réseau souterrain visitable comportant deux niveaux de galeries. Malgré la rapidité de l'extraction dans cette plâtrière active, la galerie dont la profondeur dépassait 30 m a été visible pendant plusieurs années. A Montfermeil, une diaclase ouverte dans les bancs supérieurs de la première masse absorbait encore, vers 1950, l'écoulement d'une source issue du Calcaire de Brie et cascading sur un sentier en pente accentuée.

Si les dangers des dissolutions souterraines sont connus dans les masses épaisses du Ludien, où elles produisent des fontis procédant de la même évolution que les effondrements de galeries abandonnées, il n'en est pas de même dans les formations qui ne sont demeurées gypsifères qu'exceptionnellement : marnes et caillasses,

Sables de Beauchamp et de Monceau, Calcaire de Saint-Ouen.

Un exemple en est donné par les résultats d'un sondage carotté exécuté rue Alphonse-Karr à Paris, dans le sous-sol d'un immeuble où des fissures caractéristiques attestaient des signes de tassements du sol.

Le sondage part des Marnes à *Pholadomya ludensis*. Il a rencontré un premier vide de 0,50 m de hauteur à 2 m du sommet du Calcaire de Saint-Ouen, puis un second de 0,80 m, avec rognons résiduels de gypse, dans la partie moyenne des Sables de Beauchamp argileux. Une venue d'eau abondante et ascendante circule dans cette cavité. Enfin un troisième vide, de 2 m de hauteur, a été traversé à la partie supérieure des marnes et caillasses. Cette diaclase a absorbé les eaux des sables ; on n'y a pas rencontré de gypse, mais on sait que la formation en contient dans le voisinage (cf. forages de la raffinerie Lebaudy-Sommier, du boulevard et de la gare de la Villette).

A Pantin, où la ligne n° 5 du métropolitain traverse le Calcaire de Saint-Ouen gypsifère, non seulement des diaclases furent rencontrées par les sondages, mais des venues d'eau du canal de l'Ourcq distant de 150 m ont été constatées. Non loin de là, un forage implanté rue de Paris a été arrêté à la base des marnes et caillasses après avoir rencontré une cavité aquifère haute de 3,85 m.

Multiplier les exemples serait inutile, mais il faut souligner cependant que les vides produits par la dissolution complète des gypses peuvent parfois se généraliser sur une grande étendue, ainsi que les nombreux sondages exécutés pour des constructions à la Croix-de-Berny l'ont montré. Plusieurs cavités de 0,70 m, ouvertes dans les masses inférieures des gypses ludiens et dont plusieurs sont parcourues par un puissant courant souterrain, ont obligé les constructeurs à fonder des pieux jusqu'au sommet du Calcaire de Saint-Ouen et parfois à plus de 20 m de profondeur.

La venue au jour de la cloche d'Aubervilliers évoque le processus évolutif des ravins étudiés dans le Queyras par M. J. Goguel [1942] et fournit l'occasion d'apporter quelques précisions com-

plémentaires concernant la région parisienne. Elle attire l'attention sur la nécessité d'étudier très sérieusement le sous-sol avant d'édifier toute construction de quelque importance dans les régions voisines des faciès gypseux conservés dans les formations antéludiennes, et à ne pas se contenter des résultats fournis par des sondages peu profonds, mais à reconnaître les assises susceptibles d'avoir renfermé autrefois des bancs gypseux pouvant être maintenant dissous, en laissant subsister des vides. En raison de la part de hasard qui intervient souvent dans l'implantation des sondages verticaux, il serait souhaitable qu'au moins deux sondages obliques passant sous l'emprise des bâtiments futurs apportent la certitude qu'un accident souterrain comparable à celui d'Aubervilliers ne puisse se manifester.

Les dissolutions souterraines de gypses font perdre chaque année à la région parisienne un tonnage important de ce minéral entraîné par les eaux circulant dans les éboulis et gagnant la nappe des alluvions. Aux environs de Paris, l'eau de la nappe des sables et graviers de la Seine atteint un titre hydrotimétrique total de 64 à 72^d et une teneur de 5 à 600 mmg/l de sulfate de calcium dans la boucle de Boulogne-Billancourt [Soyer, 1933]. Parfois la teneur dépasse 1 g par litre, et le T. H. T. peut atteindre 86 à 170^d (Issy-les-Moulineaux), 88^d (Jardin des Plantes) et même 180^d (Grenelle et Clichy).

On a calculé que, pour la vallée de la Seine seulement, l'eau de la nappe des alluvions entraîne 2 500 kg de CaSO_4 par 24 heures, soit près de 1 000 tonnes par an correspondant à 430 m³ de gypse.

En outre de nombreux puits absorbants évacuent dans le sous-sol les eaux baignant des masses gypseuses et des éboulis. Il en résulte une altération considérable de la qualité des eaux souterraines, dont certaines sont pratiquement inutilisables dans certaines régions, en raison de leur teneur élevée en sulfates.

Tous ces processus étant liés, l'évolution des massifs gypseux de la région parisienne pose des problèmes ardu, et présente de réels dangers, dont il faut souligner la gravité et sur lesquels on ne saurait trop attirer l'attention.

Bibliographie.

- DOLLFUS G. F. (1903). — Sur les effondrements de la plaine de Sevrans. *C. R. Ac. Sc.*, t. 137, p. 279.
- GOGUEL J. (1942). — Sur les caractères de l'érosion souterraine dans les gypses. *C. R. somm. S. G. F.*, p. 139-141.
- (1953). — Données techniques sur l'effondrement des cavités souterraines. *Ann. Spéol.*, t. VIII, fasc. 1, 8 p.
- HÉRICART DE THURY (1832). — Examen des causes de la disparition des eaux de la fontaine publique de Rosny. *C. R. Ac. Sc.*, t. 10, p. 16-18.
- JANET L., DOLLFUS G. F. et BOURSALT H. (1903). — Sur les effondrements de la plaine de Sevrans. *B. S. G. F.*, (4), III, p. 655-657.
- MARTIN D. (1914). — Formation brusque d'un entonnoir dans les dépôts gypseux des Hautes-Alpes. *La Géographie*, t. 29, p. 281.
- MORIN M. (1909). — Les effondrements de la plaine de Noisy-le-Sec. *Bull. Mus. Hist. nat.*, t. 15, p. 390-391.
- RAMOND G. et MARTEL E. A. (1893). — La cloche gypseuse de Taverny. *Feuille jeun. Natur.* (XXIII), n° 268, p. 59-61, 3 fig.
- SOYER R. (1933). — Prolongement de la ligne du chemin de fer métropolitain n° 9 de la Porte de Saint-Cloud au Pont de Sèvres, avec raccordement aux ateliers de Boulogne-sur-Seine. Notice géologique. *Bull. Mus. Hist. nat.*, (2), t. 5, p. 423-428.
- (1953). — Géologie de Paris. *Mém. Expl. Carte géol. dét. France*, 1 vol. in-4°, 610 p., 6 pl., 5 cartes.
- (1960). — Les zones gypseuses antéludiennes préservées de l'Ile-de-France. *B. S. G. F.*, (7), II, p. 145-151. Obs. de G. DEICHA.
-

Niveaux à Algues dans le Thanétien des Pyrénées. (Corallinacées, Solenoporacées, Squamariacées, *Incertae familiae*)

par Geneviève SEGONZAC *.

PLANCHE XIII a.

Sommaire. — Description des Floridées du Thanétien (Ariège, Aude). Discussion sur l'attribution de deux genres particuliers.

L'examen microscopique des Corallinacées du Thanétien de coupes décrites antérieurement [Rech-Frollo et Segonzac, 1958] s'est révélé plutôt décevant, en ce sens que si les Algues sont quantitativement importantes, souvent leur mauvais état de conservation et leur stérilité ne facilitent pas leur identification.

Sur 34 espèces de Corallinacées, 3 *Archeolithothamnium*, 1 *Mesophyllum*, 1 *Lithothamnium* ont conservé leurs organes reproducteurs ; 5 *Mesophyllum*, 1 *Lithothamnium*, 2 *Lithophyllum*, 1 *Jania* ont pu, d'après leur morphologie et la mesure des cellules, être rattachés à des espèces déjà déterminées, mais 3 *Archeolithothamnium*, 5 *Mesophyllum*, 5 *Lithothamnium*, 4 *Lithophyllum*, 1 *Jania* et 3 *Corallina* semblent appartenir à des espèces nouvelles. Des coupes ultérieures dans les Pyrénées m'apporteront peut-être à leur sujet un supplément d'information. Dans cette note, elles seront simplement numérotées en chiffres arabes. Enfin, 1 Solenoporacée, 1 Squamariacée et 2 représentants de familles *Incertae* termineront cette liste¹.

* *

FAMILLE : Corallinacées.
SOUS-FAMILLE : Mélobésiées.

Genre *Archeolithothamnium*
ROTHPLETZ 1891.

Archeolithothamnium aschersoni
(SCHWAGER 1883).

1883. *Lithothamnium aschersoni* SCHWAGER [p. 147, fig. 25, pl. XXIX].

1898. *Archeolithothamnium aschersoni* SCHWAGER in Fossile [p. 4].

C'est l'espèce la mieux représentée de tous les *Archeolithothamnium*. Généreusement fructifère, son thalle mamelonné bien conservé permet des mesures précises. Les mamelons ont 1,5 à 2 mm de diamètre et 1 mm environ de hauteur. Les thalles sont individuels et rarement superposés. L'hypothalle basilaire est toujours très peu développé : $52\ \mu$ - $72\ \mu$ et ses cellules mesurent 12 - $20\ \mu \times 9$ - $12\ \mu$ et 16 - $18\ \mu \times 4$ - $8\ \mu$. Le périthalle est par contre important : (60) $200\ \mu$ et 1,5 mm. L'ensemble du tissu est clair ; les cloisons transversales bien marquées, mais irrégulières, donnent aux rangées une allure flexueuse. Les cellules mesurent 10 - $16\ \mu \times 8$ - $12\ \mu$ (16). Exceptionnellement, un échantillon montre dans une partie de son tissu périthallien des cellules de plus grande taille soit 20 - $32\ \mu \times 8$ - $10\ \mu$. Les sporanges sont disposés en 2 ou 3 rangées, séparés les uns des autres par une ou deux files de cellules. Leurs mesures vont de 60 à $84\ \mu \times 28$ à $36\ \mu$.

PROVENANCE : Mas d'Azil.

RÉPARTITION GÉOGRAPHIQUE ET STRATIGRAPHIQUE : Éocène sup. du désert libyque au N de Dachel [Schwager, 1883] ; calcaire à Thersités post-montien de Taselt, Maroc [Pfender, 1938] ; Paléocène de l'Irak [Elliott, 1956].

Archeolithothamnium lugeoni PFENDER 1926.

1926. *Archeolithothamnium lugeoni* PFENDER [p. 324, pl. IX et XIII].

Cette espèce est représentée par deux échantillons seulement. Son apparence mamelonnée

* Note présentée à la séance du 6 novembre 1961.

1. Je désire remercier chaleureusement, M^{me} Lemoine, qui avec sa bienveillance habituelle, a bien voulu m'aider pour certaines déterminations et synonymies.

est due à la superposition de 5 à 6 thalles de 200 à 350 μ d'épaisseur, donnant des mamelons de 1 à 1,5 mm d'épaisseur, les uns fructifères, les autres stériles. L'hypothalle, d'épaisseur 50 à 55 μ , comporte plusieurs files qui n'ont pu être mesurées ; le périthalle, peu développé, d'épaisseur 140 $\times$ 300 μ , présente des zones de croissance irrégulières, et la disposition en rangées n'est pas toujours nette. Il est littéralement « mangé » par des sporanges régulièrement disposés et serrés, mais l'ensemble est loin d'offrir le beau développement des *Archeolithothamnium* dont M^{lle} Pfender [1926] a donné la photographie lors de la création de l'espèce. Cependant les dimensions des cellules du périthalle et des organes reproducteurs sont identiques, soit pour les cellules du périthalle qui ont régulièrement 16 $\times$ 14 μ et 10-12 $\mu \times$ 10-12 μ , soit pour les sporanges qui eux aussi ont des dimensions très régulières 80 $\mu \times$ 36 μ .

PROVENANCE : Mas d'Azil.

RÉPARTITION GÉOGRAPHIQUE ET STRATIGRAPHIQUE : Éocène moyen de Catalogne et d'Algérie [Pfender, 1926 ; Lemoine, 1927 b, 1939] ; Yprésien d'Albas (Aude) [Massieux, 1961] ; Éocène sup. du Pérou [Johnson et Tafur, 1952] ; Oligocène d'Espagne [Miranda, 1935] ; Paléocène de l'Irak [Elliott, 1956 a] ; Danien de l'Inde [Pia et Rao, 1936].

Archeolithothamnium liberum LEMOINE 1939.

1939. *Archeolithothamnium liberum* LEMOINE [p. 61, pl. 1, fig. 14, fig.-texte 26].

Cette espèce se présente en plaque mince sous forme de croûtes mamelonnées et superposées, d'épaisseur très variable. C'est ainsi que l'hypothalle peut avoir entre 25 et 105 μ dans les croûtes et 800 μ dans un mamelon, et le périthalle de 80 à 600 μ . Les cellules de l'hypothalle mesurent 16-20-25 $\mu \times$ 8-10 μ . Celles du périthalle ont 14-25 $\mu \times$ 8-12 μ avec des cloisons épaisses. Elles sont disposées en rangées, ce qui n'a rien de surprenant, mais un mamelon est surmonté de croûtes dont les cellules périthalliennes sont plus petites (8-15 $\mu \times$ 8-15 μ) et disposées en files plutôt qu'en rangées, et si l'une des croûtes ne contenait pas des organes reproducteurs, on pourrait penser à un *Lithothamnium*. Les sporanges ont des mesures uniformes, soit 80 $\mu \times$ 40 μ . Cette disposition du tissu périthallien, à la fois en files et en rangées, paraît être caractéristique de cette espèce, pour

laquelle, à Bou Djeba, M^{me} Lemoine a créé le nom de *A. liberum* LEMOINE [1939].

PROVENANCE : Mas d'Azil.

Archeolithothamnium sp. 1.

Texte-pl., fig. 1.

Cet exemplaire est encroûtant. Son hypothalle a environ de 50 à 100 μ d'épaisseur, avec des cellules mesurant 16-25 $\mu \times$ 8-10 μ qui passent insensiblement au périthalle. Ce dernier, d'une épaisseur de 200 μ , présente à faible grossissement une apparence zonée, qui disparaît au grossissement 200. Les cloisons transversales ne sont pas toujours au même niveau. L'épaisseur des cloisons est identique dans les deux dimensions. Les cellules sont presque carrées, devenant plus petites vers l'extérieur, soit 5-12 μ (15) $\times$ 5-10-12 μ .

PROVENANCE : Mas d'Azil.

Archeolithothamnium sp. 2.

Texte-pl., fig. 2.

C'est un échantillon encroûtant un Bryozoaire, dont l'hypothalle a environ 50 μ d'épaisseur avec des cellules mesurant normalement 18-32 $\mu \times$ 8-15 μ et atteignant localement 40 μ . Le périthalle a 180 μ d'épaisseur avec des rangées assez régulières, mais de dimensions variées (comparer les fig. 2 a et b de la texte-pl.), soit 4-12 $\mu \times$ 4-8 μ .

PROVENANCE : Raissac.

Archeolithothamnium sp. 3.

Texte-pl., fig. 3.

Il s'agit d'un fragment unique que je signale pour mémoire parce que son périthalle montre de grandes cellules disposées en rangées régulières qui ont (12) 14-20 μ (24) $\times$ 12-16 μ pour une épaisseur de 280 μ . L'hypothalle a des dimensions cellulaires de 14-20 $\mu \times$ 8-12 μ pour une épaisseur de 35 μ ; sur la fig. 3, il est coupé obliquement.

PROVENANCE : Mas d'Azil.

Genre *Mesophyllum* LEMOINE 1927.

Mesophyllum pfenderae (LEMOINE 1927).

Texte-pl., fig. 4.

1927 b. *Lithophyllum pfenderae* LEMOINE [p. 9, fig. 14].
1939. *Mesophyllum pfenderae* LEMOINE [p. 87].

C'est une espèce formée de branches dont le diamètre varie de 520 à 1 400 μ . Son hypothalle comporte des zones formées chacune de 5 à 6 rangées de cellules dont la dimension diminue de la base au sommet. Les deux premières ont 25-28 $\mu \times 12 \mu$ (16) ; la dernière a souvent des cellules carrées de 10 et 12 μ . Les cloisons transversales sont plus épaisses que les cloisons longitudinales. Un échantillon n'a pas de périthalle. Un autre présente un petit périthalle dont les cellules mesurent 14-24 $\mu \times 10$ -14 μ .

PROVENANCE : Raissac.

RÉPARTITION GÉOGRAPHIQUE ET STRATIGRAPHIQUE : Éocène moyen d'Espagne [Lemoine, 1927 b] ; Éocène moyen et sup. d'Algérie [Lemoine, 1939] ; Éocène de Bavière, Oligocène d'Algérie (Lemoine ms.).

Mesophyllum sierrae blancae (HOWE 1934).

1934. *Lithophyllum sierrae blancae* HOWE [p. 514, pl. 56].

Je suis d'accord avec M^{me} Lemoine pour classer ce *Lithophyllum* parmi les *Mesophyllum*.

Il s'agit d'une espèce en branches de 1 mm de diamètre et davantage, dont la coupe longitudinale de l'hypothalle médullaire montre des zones groupant 6 rangées environ de cellules ayant 24-32 $\mu \times 8$ -12 μ , et 4 rangées environ de cellules plus petites presque carrées ayant 8-12 $\mu \times 8$ -10 μ . Il n'y a pas d'hypothalle basilaire. Le périthalle est très peu développé et comprend des cellules souvent carrées ayant 8-12 $\mu \times 10$ -12 μ . Comme pour le type de l'espèce, les conceptacles sont inconnus.

PROVENANCE : Mas d'Azil.

RÉPARTITION GÉOGRAPHIQUE ET STRATIGRAPHIQUE : Paléocène du Maroc [Fallot, etc..., 1956] ; Éocène de Californie [Howe, 1934] ; Éocène du Pérou [Johnson et Tafur, 1952].

Mesophyllum camarasae (PFENDER 1926).

1926. *Lithothamnium camarasae* PFENDER [p. 325, pl. XI et XIV].

1939. *Mesophyllum camarasae* Pf. in Lemoine [p. 90].

La carrière de l'Aiguillon, pauvre en Mélobésiées, m'a montré cependant le seul *Mesophyllum* fertile. C'est un bout de branche de 1,1 mm de diamètre ; son hypothalle n'est pas visible. Le périthalle présente un tissu dense et compact de cellules de 9-12 $\mu \times 6$ -8 μ dont les cloisons transversales ne sont pas au même

niveau, sauf aux rangées délimitant les zones. Les conceptacles sont énormes (380-240 $\mu \times 180$ -200 μ) avec de nombreux pores. L'unique fragment trouvé à l'Aiguillon est vraiment « misérable » quand on le compare avec l'espèce robuste et abondante qui prend une large part dans la confection des nodules végétaux telle que l'a décrite M^{lle} Pfender dans le Nummulitique de la région de Camarasa.

RÉPARTITION GÉOGRAPHIQUE ET STRATIGRAPHIQUE : Oligocène de San Vicente de la Barquera [Miranda, 1935] ; Nummulitique de Camarasa [Pfender, 1926].

Mesophyllum sp. 1.

Texte-pl., fig. 5.

Plusieurs exemplaires en sont connus. Ils se présentent tous comme des croûtes dont l'hypothalle est bombé à intervalles réguliers. Sa longueur est de 1,4 mm pour une largeur de 300-400 μ . L'hypothalle est largement zoné, c'est-à-dire que des zones d'une quinzaine de rangées cellulaires sont séparées par 2 à 4 rangées de cellules dont les cloisons transversales semblent très accusées. C'est l'apparence que reproduit la fig. 5. En réalité, les traits forts ne traduisent pas seulement des cloisons plus épaisses, mais des cellules qui chevauchent pour donner un bourrelet. Le tissu est assez régulier, les cellules s'organisent, surtout en rangées séparant les zones décrites ci-dessous. Les cellules de grandes zones mesurent 8-12 μ (15-20) $\times$ 8-10 μ (12). Les cellules des petites zones ont 5-7 $\mu \times 3$ -8 μ . Le périthalle, d'une épaisseur de 120 à 200 μ , a un tissu plus régulier avec des cloisons transversales bien marquées, et des cellules mesurant 10-14 $\mu \times 8 \mu$. La répartition des zones constitue l'originalité de ce *Mesophyllum*.

PROVENANCE : Mas d'Azil.

Mesophyllum atascaderum

JOHNSON et TAFUR 1952.

Texte-pl., fig. 6.

1952. *Mesophyllum atascaderum* JOHNSON et TAFUR [p. 539, fig. 3, pl. 64].

Ce *Mesophyllum* se présente à la fois sous forme de petites branches de 500 μ de diamètre et de croûtes entourant des particules de calcite jusqu'à leur faire un manchon donnant alors l'apparence de branches grêles de 2 mm environ lorsqu'on en voit l'extérieur. L'hypothalle de

base des croûtes est formé de 2 à 3 rangées dont seulement quelques cellules ont pu être mesurées et qui ont $12-16 \mu \times 8 \mu$. Le périthalle est assez régulièrement zoné, le plus souvent avec 3 à 6 rangées de cellules de $12-26 \mu \times 8-12 \mu$ alternant avec 1 ou 2 rangées ayant en moyenne $10 \mu \times 8 \mu$. Ce *Mesophyllum*, tant par sa morphologie que par les dimensions des cellules, rappelle, malgré l'absence des conceptacles et des cloisons transversales bien marquées, celui de l'Éocène supérieur du Pérou. Il se rencontre en plusieurs exemplaires dans la coupe d'Illat.

RÉPARTITION GÉOGRAPHIQUE ET STRATIGRAPHIQUE : Éocène supérieur du Pérou [Johnson et Tafur, 1952].

Mesophyllum sp. 2.

C'est un fragment de branche de 680μ de diamètre dont l'hypothalle n'est pas mesurable et dont le périthalle consiste en files régulières et en rangées par endroits irrégulières. Une zone claire paraît comprendre 4 à 5 rangées de cellules de $10-16 \mu \times 6-12 \mu$, une zone foncée est réduite à une rangée de cellules souvent carrées : $6-8 \mu (10) \times 8 \mu$. Pas de cellules croissantes ou décroissantes dans les zones claires.

PROVENANCE : Mas d'Azil.

Mesophyllum varians LEMOINE 1934.

1934 b. *Mesophyllum varians* LEMOINE [p. 276, fig. 6].

Plusieurs croûtes présentent quelques excroissances de 1 mm de hauteur et de 1 à 1,2 mm de diamètre. Leur description correspond à celle qu'en a donnée M^{me} Lemoine [1934 b] lors de la création de l'espèce : « Le tissu est divisé en zones par des lignes d'accroissement plus ou moins rapprochées ; les zones ont une hauteur variable ; tout le tissu est constitué par des rangées de cellules, mais l'allure flexueuse des cloisons horizontales qui sont peu épaisses, le dédoublement de certaines rangées, les variations de hauteur des cellules d'une même rangée rendent la disposition en rangées peu marquée ». Mais parfois aussi, les zones ont un profil légèrement ondulé donné par des parties tantôt bombées, tantôt creuses, et déterminées par une ou deux rangées de cellules moins arquées. De nombreuses récurrences ont un tissu plus régulier. Les dimensions des cellules sont également celles que donne M^{me} Lemoine : $16-20 \mu \times 6-10 \mu$ et $8-10 \mu \times 8 \mu$ parfois $24-28 \mu$. Les zones s'amin-

cissent vers le périthalle jusqu'à se confondre avec lui. Celui-ci est aussi variable, parfois très régulier (cellules de $12-20 \mu \times 10-14 \mu$), parfois irrégulier avec des dimensions plus petites et se terminant par un cortex dont les cellules ont $6-8 \mu \times 8-10 \mu$. Les cloisons sont de même épaisseur dans les deux dimensions.

PROVENANCE : Mas d'Azil.

RÉPARTITION GÉOGRAPHIQUE ET STRATIGRAPHIQUE : Éocène des Carpathes [Lemoine, 1934^b] Nummulitique d'Algérie [Lemoine, 1939].

Mesophyllum sp. 3.

Ce *Mesophyllum* encroûte un Bryozoaire. Hypothalle très petit, cellules non mesurables. Périthalle plus important, irrégulièrement zoné par 1 à 2 rangées de cellules plus petites. Cellules de $7-16 \mu \times 5-7 \mu$.

PROVENANCE : Mas d'Azil.

Mesophyllum sp. 4.

Une croûte de 5 mm de longueur présente un hypothalle de 52μ d'épaisseur, avec des rangées concentriques à petites cellules de $14-18 \mu \times 8-10 \mu$, et un périthalle épais de 96μ , d'aspect zoné dû à l'enchevêtrement des rangées d'accroissement plutôt qu'à une disposition rythmique de ces dernières avec de petites cellules de $8-10 \mu \times 10-12 \mu$.

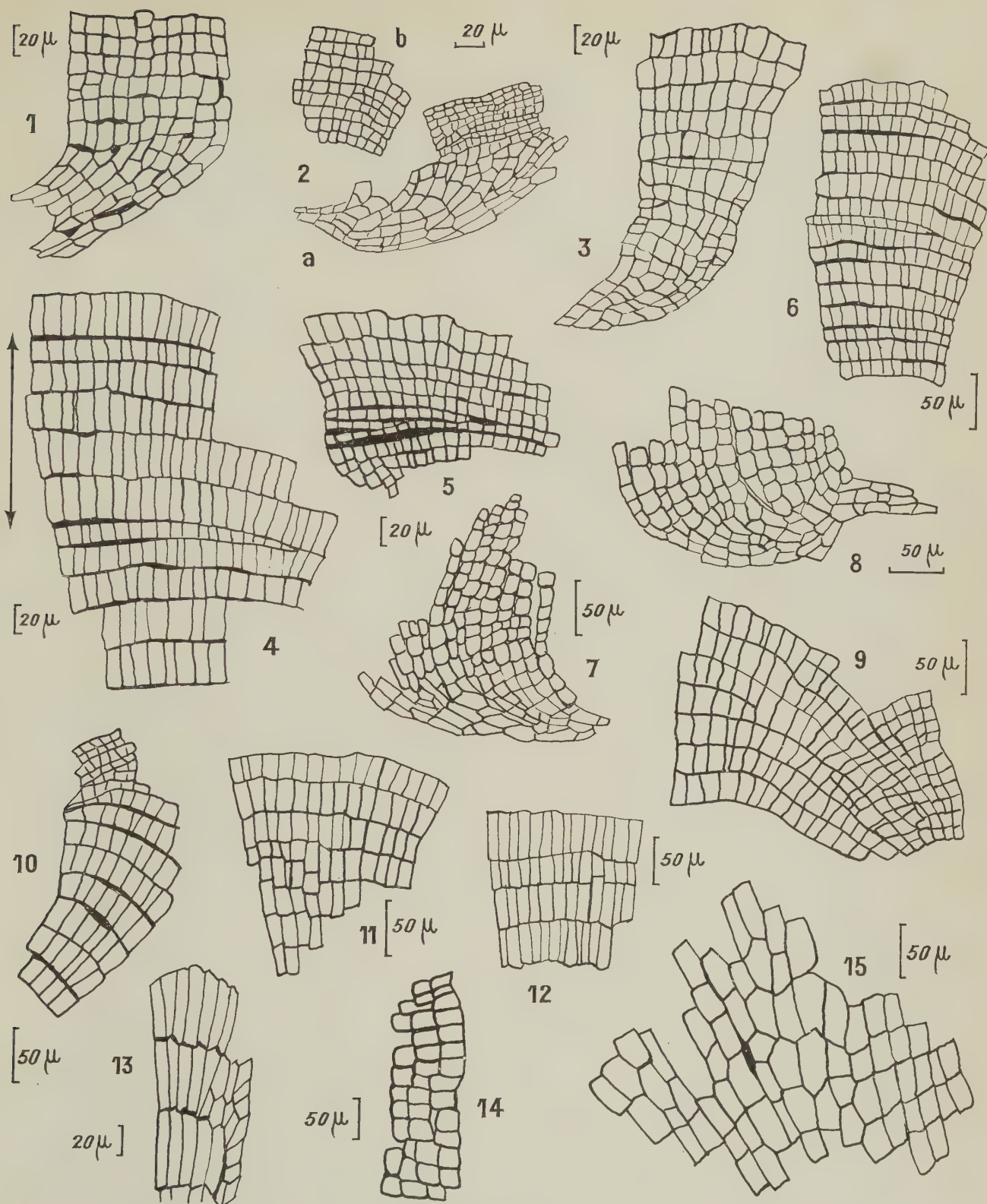
PROVENANCE : Raissac.

Mesophyllum royoï (MIRANDA) var. *tenuis* MIRANDA.

1935. *Lithophyllum royoï* MIR. var. *tenuis* MIRANDA [p. 282, pl. 37, fig. 2].

Lithophyllum royoï MIRANDA a été classé parmi les *Mesophyllum* par M^{me} Lemoine en 1956 [Fallot et al., 1956, p. 1976].

Plusieurs fragments de branches de ce *Mesophyllum* n'offrent pas le beau développement de l'espèce décrite par Miranda en 1935. Leur largeur varie de 600μ à 1 mm. Les zones de l'hypothalle et du périthalle sont délimitées finement par une rangée de cellules plus petites et irrégulières, se raccordant plus ou moins avec les rangées voisines. Leurs cloisons sont peu épaisses. Cellules de l'hypothalle : $20-32 \mu \times 8-10 \mu$. Périthalle épais de 160μ environ à cellules de $8-10 \mu \times 6-8 \mu$.



TEXTE-PLANCHE.

1 : *Archeolithothamnium* sp. 1. — 2 : *Arch.* sp. 2. — 3 : *Arch.* sp. 3. — 4 : *Mesophyllum pfenderae* LEMOINE. — 5 : *Mes.* sp. 1. — 6 : *Mes. atascaderum* JOHNSON et TAFUR. — 7 : *Lithothamnium* sp. 1. — 8 : *Lit.* sp. 5. — 9 : *Lithophyllum dubium*

LEMOINE. — 10 : *Lithoph. densum* LEM. — 11 : *Lithoph.* sp. 2. — 12 : *Lithoph.* sp. 3 (rétablir l'échelle : 50 μ = 10 mm). — 13 : *Corallina* sp. 3. — 14 : *Squamariacée* ? — 15 : *Pseudolithothamnium album* PFENDER.

PROVENANCE : Mas d'Azil, Raissac, Illat.

RÉPARTITION GÉOGRAPHIQUE ET STRATIGRAPHIQUE : Oligocène d'Espagne [Miranda, 1935].

Mesophyllum sp. 5.

Un seul fragment de branches de ce *Mesophyllum* a une morphologie caractéristique. Sa longueur est de 800 μ , sa largeur 600 μ . L'hypothalle est divisé en zones régulières de 4 à 5 rangées de cellules disposées de façon concentrique, les diverses zones paraissant alternativement en creux et en relief. Approximativement toutes les 10 rangées, une ligne concentrique formée par la continuité des cloisons transversales d'une rangée accuse l'étagement des zones. Les cellules ne sont pas toujours reliées entre elles par des cloisons transversales continues et ont une disposition souvent irrégulière. Elles mesurent 10-15-20 (25 μ) $\times$ 8-12 μ (18). Le périthalle est très petit et mal visible. Ce *Mesophyllum* est à rapprocher du *Mesophyllum sierrae blancae* (Howe) de l'Éocène d'Atascadero par les dimensions de l'hypothalle que donnent Johnson et Tafur (soit 13-22 $\mu \times$ 8-11 μ) et le nombre de rangées de cellules par zone, mais ici les zones sont moins arquées, les cloisons transversales moins nettement définies et il n'y a pas de diminution de taille des cellules vers le sommet de la zone marginale.

PROVENANCE : Raissac.

Genre *Lithothamnium* PHILIPPI 1837.

Lithothamnium cantabricum LEMOINE 1934.

1934 a. *Lithothamnium cantabricum* LEMOINE [p. 175, fig. 1].

Croûtes rubanées minces, soit isolées, serpentant à travers la plaque de leur longueur qui peut atteindre plusieurs millimètres, soit sur des Squamariacées. Diamètre de 120 à 200 μ ; cellules de l'hypothalle 12-24 $\mu \times$ 8-12 μ , celles du périthalle 8-12 $\mu \times$ 8-10 μ .

PROVENANCE : Mas d'Azil.

RÉPARTITION GÉOGRAPHIQUE ET STRATIGRAPHIQUE : Éocène de Santander [Lemoine, 1934 a].

Lithothamnium sp. 1.

Cette espèce se présente sous forme de plusieurs thalles superposés en croûtes non mame-

lonnées. L'épaisseur de l'hypothalle est de 40 μ environ; il est formé de cellules rampantes qui ont 16-32 $\mu \times$ 4-6 μ . Le périthalle est important et les dimensions variables. Son tissu est lâche, ses cloisons minces, ses cellules sont carrées: 10-12 $\mu \times$ 10-12 μ . Il n'y a pas de conceptacles.

PROVENANCE : Mas d'Azil.

Lithothamnium sp. 2.

Croûtes à mamelons espacés, superposées par deux ou trois et d'un beau développement. L'hypothalle est d'épaisseur assez constante, environ 124 μ . Cellules de (12) 16-24 $\mu \times$ 6-8 μ . Périthalle fait de rangées peu marquées, ou de files assez régulières, à cloisons de moyenne épaisseur. Cellules de 14-16 $\mu \times$ 6-8 μ .

PROVENANCE : Mas d'Azil.

Lithothamnium sp. 3.

Un seul exemplaire de cette espèce semble appartenir à une croûte dont un mamelon serait isolé sur la plaque. Hypothalle très petit, réduit à 2 files de cellules également petites (8-12 $\mu \times$ 4-8 μ). Périthalle important, épais de 1,5 à 2 mm, avec un tissu régulier composé de files de cellules de 12-16 $\mu \times$ 8-10 μ . Six conceptacles épars de formes variables, avec quelques canaux de sortie. Leur dimension est de 308-315 $\mu \times$ 150-168 μ . Ce *Lithothamnium* est très proche de *L. limaensum* JOHNSON et TAFUR [1952], de l'Éocène supérieur d'Atascadero, par les dimensions cellulaires de l'hypothalle et du périthalle. Il en diffère par des conceptacles plus petits puisque ceux de *L. limaensum* ont 580 $\mu \times$ 150 μ et un hypothalle plus mince.

PROVENANCE : Mas d'Azil.

Lithothamnium sp. 4.

Texte-pl., fig. 7.

Des croûtes isolées de plusieurs millimètres de long serpentent sur les plaques minces du Mas d'Azil. Elles sont peu épaisses, 250 μ environ. L'hypothalle, très mince, comprend 3 à 4 files de cellules rampantes de 25-35 μ (38) $\times$ 7-12 μ se relevant doucement pour donner un périthalle plus épais de 225 μ en files nettes s'organisant quelquefois en rangées, avec des cellules carrées à coins arrondis de 10-12 μ (20) et un cortex de 3 à 4 rangées de cellules plus petites aux environs de 5 μ . Ce *Lithothamnium* est à rap-

procher de *L. grahami* JOHNSON et STEWART [1953] de l'Éocène de Méganos pour sa morphologie, les dimensions des cellules du périthalle, mais ici l'hypothalle est plus petit avec des cellules dont la taille est à rapprocher du *L. philippi* du Quaternaire de Calabre [Lemoine, 1919] et actuel des mers chaudes. La découverte d'organes reproducteurs permettra peut-être d'assimiler *Lithothamnium* sp. 4 à *L. grahami*.

Lithothamnium sp. 5.

Texte-pl., fig. 8.

Cette espèce encroûte un Bryozoaire. Hypothalle mince : 50 μ . 3 à 4 files de cellules rampantes de 12-30 $\mu \times$ 5-10 μ . Périthalle plus épais, mais d'épaisseur moyenne 200 μ à tissu plutôt lâche. Les cellules disposées en files, avec de-ci de-là quelques rangées irrégulières, grandes et petites se mêlant à un même niveau. Elles mesurent 8-17 μ (20) $\times$ 8-10 μ .

PROVENANCE : Mas d'Azil.

Genre *Lithophyllum* PHILIPPI 1837.

Lithophyllum sp. 1.

Longue branche de 2 mm de long et de 0,5 mm de diamètre environ. Hypothalle d'une largeur de 500 μ . La disposition des cellules ne se fait pas constamment en rangées car les cloisons ne sont pas toujours au même niveau ; cellules longues et minces au centre (27-37 $\mu \times$ 7-10 μ), devenant mieux proportionnées vers le périthalle (12-15 $\mu \times$ 7 μ) auquel on passe insensiblement. Ce dernier, dont le tissu est plus régulier, a une épaisseur de 50 μ environ et comprend 4 à 5 rangées de cellules presque carrées et légèrement arrondies (7 $\times$ 7 μ). M^{me} Lemoine aurait déterminé au Maroc une espèce voisine, non publiée.

PROVENANCE : Mas d'Azil.

Lithophyllum dubium LEMOINE 1934.

Texte pl., fig. 9.

1934 b. *Lithophyllum dubium* LEMOINE [p. 282, fig. 13].

Plusieurs thalles foliacés dont l'hypothalle, d'épaisseur constante de 220 à 250 μ , présente des cloisons transversales continues, surtout à la partie supérieure, tandis que la disposition en rangées concentriques est plus ou moins effacée à la partie inférieure ; cellules de 16-30 $\mu \times$ 8-12 μ . Le périthalle a une épaisseur variable de

85 à 500 μ suivant l'âge, semble-t-il. Il est formé de rangées à cloisons longitudinales nettement plus fortes que les cloisons transversales et ses cellules ont 10-18 (22 μ) $\times$ 8-12 μ .

PROVENANCE : Mas d'Azil.

RÉPARTITION GÉOGRAPHIQUE ET STRATIGRAPHIQUE : Éocène des Carpathes occidentales [Lemoine, 1934 b] ; Éocène d'Algérie (Lemoine ms.) ; Éocène d'Espagne (Lemoine ms.).

Lithophyllum densum LEMOINE 1934.

Texte-pl., fig. 10.

1934 b. *Lithophyllum densum* LEMOINE [p. 282, fig. 14].

Croûtes mamelonnées, longues de 5 à 6 mm ; hypothalle d'épaisseur 125 à 150 μ , périthalle de 70 μ . Les cloisons de l'hypothalle sont au même niveau et la disposition en rangées est régulière. Ces rangées sont assez arquées et le passage au périthalle se fait un peu brutalement. Cellules de 17-27 $\mu \times$ 10-12 $\mu \times$ 7-10 μ vers le périthalle. Ce dernier est quadrillé en une dizaine de rangées bien déterminées par des cloisons transversales plus robustes que les cloisons longitudinales. Cellules plus larges que hautes, souvent carrées : 7-10 $\mu \times$ 10-12 μ .

PROVENANCE : Raissac et Mas d'Azil.

RÉPARTITION GÉOGRAPHIQUE ET STRATIGRAPHIQUE : Éocène moyen d'Algérie [Lemoine, 1939] ; Éocène des Carpathes [Lemoine, 1934 b].

Lithophyllum sp. 2.

Texte-pl., fig. 11.

Branche longue de 2 mm, large de 400 μ ; la coupe longitudinale montre un hypothalle médulaire sans périthalle. Cloisons longitudinales régulières malgré une allure générale flexueuse, cloisons transversales irrégulières. Disposition en rangées pas toujours nette ; quelques cellules plus petites intercalées de-ci de-là en modifient la régularité. Deux hypothalles de récurrence, dont les cellules ne sont pas mesurables, interrompent la croissance normale du tissu. Cellules de l'hypothalle 20-30 $\mu \times$ 8-12 μ , les plus petites cellules dispersées dans le tissu ont 10-15 $\mu \times$ 10-8 μ .

PROVENANCE : Mas d'Azil.

Lithophyllum sp. 3.

Texte-pl., fig. 12.

Une coupe longitudinale de branche rappelant la précédente par sa disposition cellulaire plus

nette en file qu'en rangée et son absence de périthalle. Même longueur : 2 mm ; mais sa largeur est double : 800 μ . Pas d'hypothalle basilaire récurrent, ni de petites cellules intercalées dans les rangées. L'hypothalle montre un tissu régulier en rangées de cellules suivantes [20-36 μ (40) $\times$ 6-10 μ (12)]. Ce *Lithophyllum*, par son absence de périthalle et la dimension des cellules; pourrait rappeler *L. prelichenoides* du Burdigalien d'Andalousie [Lemoine, 1929]. Mais ici les cellules sont régulièrement plus étroites.

PROVENANCE : Mas d'Azil. Je l'ai trouvé également dans le Santonien de la Redonne (chaîne de l'Estaque).

Lithophyllum sp. 4.

Croûte de 2 mm approximativement, sans périthalle, dont les dimensions de l'hypothalle sont identiques à celles du *Lithophyllum densum*. Si l'aspect en rangées est bien visible à la chambre claire et grossissement de 50, les cloisons transversales ne sont pas soudées à un plus fort grossissement ce qui constitue une différence notable avec *L. densum*. Aussi, en attendant mieux, ce *Lithophyllum* porte-t-il un numéro différent.

PROVENANCE : Raissac.

*
* *

SOUS-FAMILLE : Corallinées.

Genre *Corallina* TOURNEFORT 1700.

Corallina sp. 1.

La longueur de l'article ou du fragment d'article est de 2 mm pour un diamètre de 420 μ . Les cellules centrales sont grandes (44-46 $\mu \times$ (8) 12 μ) et vont en décroissant de taille vers la périphérie jusqu'à 28-40 $\mu \times$ 10-14 μ et 16-20 $\mu \times$ 8-12 μ . Pour une longueur variable, la largeur est sensiblement la même. Périthalle formé de 2 rangées de cellules nettement plus petites (8-10 $\mu \times$ 8-10 μ) à cloisons longitudinales continues; les cloisons transversales ne sont pas au même niveau et les rangées ne sont pas visibles, probablement parce que la coupe est tangentielle.

M^{me} Lemoine [1939] a décrit dans l'Éocène moyen d'Algérie une Coralline voisine, mais les cellules du périthalle sont nettement plus petites.

PROVENANCE : Mas d'Azil.

Corallina sp. 2.

Fragment d'article de 450 μ de long sur 75 μ de large comprenant 6 rangées modérément arquées de cellules de 65-70 $\mu \times$ 8 μ ourlées par un périthalle d'une rangée de cellules beaucoup moins arquées. Cloisons longitudinales de l'hypothalle continues; les cloisons transversales ne sont pas au même niveau.

PROVENANCE : Raissac.

Corallina sp. 3.

Texte-pl., fig. 13.

Ce fragment d'article a 500 μ de long et 100 μ de large. L'hypothalle montre 8 rangées de cellules délimitées par des cloisons transversales assez régulières. Les cellules ont des cloisons longitudinales continues et mesurent 35-55 $\mu \times$ 10-8 μ . Une rangée de cellules tient lieu de périthalle.

PROVENANCE : Mas d'Azil.

Genre *Jania* LAMOUROUX 1812.

Jania sp.

L'article mesure 600 $\mu \times$ 150 μ . Cellules de l'hypothalle longues et étroites (65-50-100 $\mu \times$ 5-10 μ passant brusquement à un périthalle limité à une rangée de cellules. Cloisons longitudinales continues; les cloisons transversales ne délimitent pas des rangées parce que la coupe est tangentielle.

PROVENANCE : Raissac.

Jania nummulitica LEMOINE 1927.

1927 a. *Jania nummulitica* LEMOINE [p. 550, fig. 6].

Ce fragment, de 600 μ de long sur 150 μ de large, s'évase légèrement vers le haut. L'hypothalle comprend 6 rangées de cellules de 75-112 $\mu \times$ 7-12 μ . Cloisons longitudinales continues, l'agencement des rangées n'est pas régulièrement net. Un échantillon n'a pas de périthalle. Un second échantillon montre une ébauche de périthalle à une rangée de cellules mesurant 12 $\mu \times$ 15 μ .

PROVENANCE : Illat et Mas d'Azil.

RÉPARTITION GÉOGRAPHIQUE ET STRATIGRAPHIQUE : Éocène inf. du Maroc [Fallot et *alt.*, 1956]; Éocène moyen et sup. des Carpathes [Lemoine, 1934 b], de Mésopotamie, d'Espagne, [Lemoine, 1927 b], de Haute-Savoie [Lemoine, 1927 a]; Auversien et Priabonien d'Arcachon [Lemoine, 1938]; Oligocène du Piémont ligure [Airoldi, 1932].

*
* *

FAMILLE : Solenoporacées.

Genre *Parachaetetes* DENINGER 1906.

Parachaetetes asvapatii PIA 1936.

1936. *Parachaetetes asvapatii* PIA [p. 32, pl. III, fig. 1-5, fig.-texte 35-38].
? 1948. *Elianella elegans* PFENDER et BASSE [p. 275-278, pl. XII].

Le seul échantillon a l'apparence d'une grande feuille lobée de 8 mm $\times$ 5 mm. L'oxyde de fer l'imprègne assez fortement, ce qui gêne la mesure des cellules. Elles sont disposées en files s'étalant en éventail, plus nettes que les rangées puisque la plupart des cloisons transversales ont disparu. Les cellules ont des coins arrondis et celles que l'on peut mesurer ont aux environs de 40 μ . L'ensemble, mal conservé, est néanmoins reconnaissable.

PROVENANCE : Mas d'Azil.

RÉPARTITION GÉOGRAPHIQUE ET STRATIGRAPHIQUE : Voir Elliott (bibliographie [1959]), Pfender et Schneegans [1949].

*
* *

FAMILLE : Squamariacées ?

Appartiendrait à cette famille une croûte d'épaisseur variable de 100 à 200 μ se distinguant des Mélobésiées par la dimension plus grande des cellules, l'épaisseur des cloisons et l'absence de périthalle (Texte-pl., fig. 14). Les cellules aux coins arrondis sont disposées en files et mesurent 28-40 $\mu \times$ 18-28 μ . En coupe transversale, elles sont nettement polygonales. Cet unique spécimen du Mas d'Azil est trop fragmentaire, pour permettre une détermination plus précise.

Incertae familiae.

Genre *Pseudolithothamnium*
PFENDER 1936.

Pseudolithothamnium album PFENDER 1936.

Pl. XIII a, fig. 1, 2 et texte-pl., fig. 15.

1918. *Lithothamnium torulosum* GÜMBEL in Trauth (*pars*) [pl. 1, fig. 7 à 10].
1936. *Pseudolithothamnium album* PFENDER [p. 303, pl. XIX].

L'accumulation de cette espèce dans le « Montien » de Saint-Michel (Haute-Garonne) et son aspect extérieur mis en relief par lessivage d'un calcaire gréseux, m'ont permis d'en isoler quelques fragments, non sans difficulté. Il s'agit de thalles de 200-500 μ de large, s'anastomosant de façon enchevêtrée pour donner des cupules de 1 à 2 mm de profondeur et des couloirs, d'une manière comparable, semble-t-il, à celle d'Algues calcaires actuelles en forme de choux-fleurs. Les fragments isolés sont rebelles aux colorants de Zielh et Giemsa et réagissent à peine aux acides. En plaques minces, ces larges rubans « en queue de renard » correspondent à des coupes longitudinales du tissu. Le plus souvent d'ailleurs, ces coupes sont légèrement obliques et montrent des cellules rectangulaires ; les parois, sur les sections les plus minces, montrent que la calcite est nettement orientée, donnant une extinction onduleuse caractéristique. La fossilisation remplit les cellules de calcite orientée sur la précédente, ou charge les parois ou le contenu d'oxyde de fer. Elles sont disposées en files, avec des mesures variables suivant l'obliquité de la coupe mais dont la moyenne est 35-60 $\mu \times$ 15-25 μ . Ces dimensions sont plus importantes que celles données par M^{lle} Pfender qui voyait plutôt des tubes que des cellules. Je n'ai pas non plus constaté une épaisseur particulière des cloisons qui rappellent celles des Mélobésiées. Les cloisons transversales ne sont pas au même niveau, et si parfois la disposition en rangées est réalisée, on doit la considérer comme exceptionnelle. Le tissu s'accroît par dédoublement des files, comme le montre la fig. 15 de la Texte-pl. qui est une coupe tangentielle du thalle². Je n'ai pas vu de périthalle. Une particularité de ce thalle est celle des organes reproducteurs : du moins est-ce ainsi que M^{lle} Pfender

2. Le dessin a été fait d'après une plaque que M^{lle} Villatte a bien voulu me prêter.

interprétait les cavités visibles tous les 150 μ en moyenne sur les coupes longitudinales. Ces cavités ressemblent à de grandes cellules polygonales de 65 μ de diamètre, mais je n'ai jamais rencontré les spores, ni le canal d'évacuation que décrit M^{lle} Pfender pour les échantillons du Paléocène de Tuléar. Normalement, chez les Mélobésiées, les organes reproducteurs sont disposés des deux côtés du thalle en coupe longitudinale et non au milieu, autrement dit dans le périthalle et non dans l'hypothalle. Et c'est pourquoi, il est difficile de concevoir cette structure « en barbes de plumes » comme un hypothalle. Par conséquent, on ne peut pas ranger *P. album* parmi les Mélobésiées. Tout au plus pourrait-on classer ce genre dans une famille voisine. Mais étant donné la fixité du genre et de l'espèce à travers les temps, et par suite le peu d'intérêt paléontologique et stratigraphique du *P. album*, je ne vois pas l'utilité d'en créer une.

PROVENANCE : Rivel, Illat, Raissac.

RÉPARTITION GÉOGRAPHIQUE ET STRATIGRAPHIQUE : Voir notamment Pfender [1936 et 1949], Andrusov [1938]. Crétacé sup. du Moyen-Orient [Elliott, 1955]; Yprésien d'Aibas [Massieux, 1961].

Genre *Distichoplax* PIA 1934.

Distichoplax biserialis (DIETRICH 1927.)

Pl. XIII a, fig. 3 et 4.

1918. *Lithothamnium* ? sp. in Trauth [fig. 2, 3, pl. 11, p. 220].
 1918. *L. nummuliticum* TRAUTH [fig. 1, pl. 11, p. 219].
 1927. *L. biserialis* DIETRICH [fig. 1, pl. 11, p. 461].
 1930. *Lithoporella* PIA [p. 133].
 1934. *Distichoplax biserialis* (DIETRICH) in Pia [p. 15, fig.-texte 5-8].
 1949. *D. uniserialis* PFENDER et SCHNEEGANS [p. 91].
 1956 b. *D. biserialis* (DIETR.) in Elliott [p. 332, pl. 11, fig. 1].
 1958. *D. biserialis* (DIETR.) in Lemoine [p. 2145].
 1960. *D. biserialis* (DIETR.) in Elliott [p. 226, pl. VIII, fig. 2 et 3].

Distichoplax biserialis se présente à la loupe binoculaire sous forme de plaques lisses, uniformes, mais assez souples pour s'adapter et se mouler à la roche. Les plaques sont toujours fragmentées en morceaux de taille très variable qui peut aller jusqu'à 5 mm². Elles sont groupées par 2 et facilement détachables, ce qui permet de distinguer par plaque une face externe qui prend mal les colorants et une face interne qui les prend mieux. Par leurs faces internes

elles s'engrennent au moyen des cloisons longitudinales. On voit les cellules disposées en files très régulières et en rangées sinueuses, comme si la souplesse du tissu s'exerçait justement par ces cloisons transversales. Les cellules sont obliques par rapport à la surface. Plusieurs groupes de plaques peuvent se superposer dans tous les sens. En plaques minces, l'aspect de *Distichoplax* est très varié :

— les cellules de la face externe en coupe tangentielle, rappellent la disposition d'un *Lithoporella* ;

— la coupe transversale parallèle à l'allongement des cellules donne l'aspect bien connu en arête de poisson ;

— la coupe transversale perpendiculaire à l'allongement des cellules montre une disposition en quinconce et quand elle est oblique, les cellules ont une dimension plus grande ;

— la superposition des plaques et leur forme ondulée donne au microscope un aspect moiré et qui déroute l'observateur parce que toutes les coupes (transversales, obliques, tangentielles) s'y côtoient avec les dimensions cellulaires les plus variées.

Il n'y a pas de différenciation du tissu en hypothalle et en périthalle et je n'ai pas trouvé d'organes reproducteurs. Peut-être *Distichoplax* se comporte-t-il comme *Peyssonelia polymorpha* actuel, dont les croûtes se moulent au substratum et dont les organes reproducteurs ne sont pas calcifiés, l'analogie entre ces deux genres n'ayant pas plus loin d'ailleurs. Toujours est-il que *Distichoplax* est bien un genre à part, tel que le conçut et le décrivit Pia [1934]. Mais un genre que l'on peut rattacher aux Floridées si j'interprète correctement les points et les demi-lunes situés aux extrémités de la cellule comme les synapses caractérisant l'ordre. On ne les rencontre en effet que chez les Floridées. Ces synapses servent à relier les cellules entre elles par un petit canal que l'on met en évidence chez les Algues actuelles par l'hématoxyline ferrique. La remarque faite pour *Pseudolithothamnium album* peut s'appliquer à *Distichoplax biserialis*. Sa fixité dans le temps et dans l'espace en fait un fossile sans intérêt stratigraphique.

PROVENANCE : Illat, Mas d'Azil, Raissac.

RÉPARTITION GÉOGRAPHIQUE ET STRATIGRAPHIQUE : M^{me} Lemoine [1960] a donné une liste très complète à laquelle il suffira d'ajouter le Sparnacien du Fréchet, des environs de Mauran (Haute-Garonne) et de Sautel (Ariège).

Conclusion.

Les espèces précédemment décrites se répartissent comme suit dans les coupes déjà citées :

ROQUEFORT ILLAT : *Mesophyllum atascaderum*, *M. royoï var. tenuis*, *Jania nummulitica*, *Distichoplax biserialis*, *Pseudolithothamnium album*.

RIVEL : *Pseudolithothamnium album*, Mélobésiées indéterminables.

L'AIGUILLON : *Mesophyllum camarasae*.

MAS D'AZIL : *Archeolithothamnium aschersoni*, *A. lu-*

geoni, *A. liberum*, *A. sp. 1*, *A. sp. 3*, *Lithothamnium sp. 1*, 2, 3, 4, 5, *L. cantabricum*, *Mesophyllum sierrae blancae*, *M. varians*, *M. royoï var. tenuis*, *M. sp. 2*, 3, 5, *Lithophyllum dubium*, *L. densum*, *L. sp. 1*, 2, 3, *Corallina sp. 1*, 3, *Jania nummulitica*, *Parachaetetes asvapatii*, une Squamariacée, *Distichoplax biserialis*.

RAISSAC : *Archeolithothamnium sp. 2*, *Mesophyllum pfenderae*, *M. royoï f. tenuis*, *M. sp. 6*, 7, *Lithophyllum sp. 4*, *L. densum*, *Corallina sp. 2*, *Jania sp.*, *Pseudolithothamnium album*, *Distichoplax biserialis*.

Bibliographie.

- AIROLDI M. (1932). — Corallinacées dell'Oligocene ligure. *Paleont. italica*, vol. XXXIII, p. 55-60, pl. IX à XII.
- ANDRUSOV D. (1938). — Rôle des Thallophytes dans la constitution des roches sédimentaires des Carpathes occidentales. *Vestn. Kral. české spolet. Nauk, trud. mat. prirod.*, 32 p., 6 pl., Prague.
- DIETRICH W. O. (1927). — In Sven HEDIN. Eine Routenaufnahme durch Ostpersien, vol. II, fasc. 3, p. 459-462, pl. 11, fig. 1.
- ELLIOTT G. F. (1955). — Fossil calcareous algae from the Middle East. *Micropal.*, vol. 1, p. 125-131, 1 pl.
- (1956 a). — Algues calcaires codiacées fossiles d'Irak nouvelles ou peu connues. *B. S. G. F.*, (6), VI, p. 789-794, pl. 25.
- (1956 b). — Further records of fossil calcareous algae from the Middle East. *Micropal.*, vol. II, n° 4, p. 327-334, 2 pl.
- (1959). — New calcareous algae from the cretaceous of Irak. *Rev. Micropal.*, t. 1, n° 4, p. 217-222, 2 pl.
- (1960). — Fossil calcareous algal flora of the Middle East with a note on a cretaceous problematicum : *Hensonella cylindrica* gen. and sp. nov. *Quart. Journ. geol. Soc. London*, vol. 115, p. 217-232, pl. VIII.
- FALLOT P., DURAND DELGA M. et MAGNE J. (1956). — Présence de l'Éocène inférieur dans le Rif septentrional. *C. R. Ac. Sc.*, p. 1975-1977.
- FOSLIE M. (1898). — List of species of the Lithothamnina. *Kong. Norske Vidensk. Selsk. Skrifter*, n° 3, p. 4 (éd. 1899). Trondjheim.
- HOWE M. A. (1934). — Eocene marine algae from the Sierra Blanca limestones. *Bull. geol. Soc. Amer.*, vol. 45, p. 507-518, pl. 52-56.
- JOHNSON J. H. et TAFUR I. A. (1952). — Coralline algae from the eocene Atascadero limestone. *Journ. Paleont.*, vol. 26, n° 4, p. 537-543, pl. 62-64.
- JOHNSON J. H. et STEWART W. A. (1953). — Eocene coralline algae from the Meganos formation (Californie). *Ibid.*, vol. 27, n° 1, p. 130-136, pl. 15-17.
- LEMOINE M^{me} P. (1919). — Contribution à l'étude des Corallinacées fossiles. V : Pliocène et Quaternaire de la Calabre et de la Sicile. *B. S. G. F.*, (4), XIX, p. 101-114, 8 fig.-texte, pl. III.
- (1927 a). — Sur quelques Algues calcaires du Nummulitique de la Haute-Savoie. *Bull. Mus. Hist. nat.*, t. 33, p. 545-551, 6 fig.-texte (éd. 1928).
- (1927 b). — Corallinacées fossiles de Catalogne et de Valence recueillies par M. l'abbé Bataller. *Bull. Inst. catal. Hist. nat.*, 2^e sér., t. VII, p. 92-107, 20 fig.-texte.
- (1929). — Mélobésiées recueillies par M. Viennot dans le Miocène de la province de Grenade. *B. S. G. F.*, (4), XXIX, p. 263-272, pl. XXIV.
- (1934 a). — Algues calcaires de la province de Santander. *Bull. Soc. Hist. nat. Toulouse*, t. LXVI, p. 175-180, 6 fig.
- (1934 b). — Algues calcaires de la famille des Corallinacées recueillies dans les Carpathes occidentales par M. Andrusov. « *Vestnik* » *Serv. géol. Rép. tchécoslov.*, r. IX, p. 269-289, 16 fig. (éd. 1934).
- (1938). — Corallinacées du sondage des Abatilles, près d'Arcachon. *C. R. somm. S. G. F.*, p. 123.
- (1939). — Les Algues calcaires fossiles de l'Algérie. *Mat. Carte géol. Algérie*, 1^{re} sér., n° 9, 128 p., 80 fig., 3 pl.
- (1958). — Sur l'attribution de *Distichoplax biserialis* (DIET.) PIA aux Ptérobanches (*Rhabdopleura*). *C. R. Ac. Sc.*, t. 246, p. 2145.
- (1960). — Comparaison de *Distichoplax biserialis* et des *Rhabdopleura* fossiles et actuels. *Rev. Micropal.*, n° 2, p. 95-102, 2 pl.
- MASSIEUX M. (1961). — Faciès à Algues du bassin d'Albas. *C. R. somm. S. G. F.*, p. 40.
- MIRANDA F. (1935). — Algas coralinales fosiles del terciario de San Vicente de la Barquera. *Bull. Soc. esp. Hist. nat.*, t. XXXV, p. 279-287, pl. XXXIV-XXXVIII.
- PFENDER J. (1926). — Sur les organismes du Nummulitique de la colline de San Salvador, près Camarasa. *Ibid.*, t. XXVI, p. 321-330, pl. VIII-XV.
- (1936). — Sur un organisme constructeur des calcaires crétacés et nummulitiques : *Pseudolithothamnium album*, nov. gen. nov. sp. *B. S. G. F.*, (5), VI, p. 303-308, pl. XIX.
- (1938). — Étude micrographique des calcaires crétacés et éocènes de l'Imini, de Tamdakht et de Skoura. *Notes et Mém. Serv. géol. Maroc*, n° 49, p. 64-66, pl. X.

- PFENDER J. et BASSE E. (1947). — *Elianella* nov. gen. *elegans* nov. sp. organisme constructeur de calcaire typiquement développé dans le Sud-Ouest paléocène malgache. *B. S. G. F.*, (5), XVII, p. 275-278, pl. XII.
- PFENDER J. et SCHNEEGANS D. (1949). — A propos de l'âge des calcaires des Morros de San Juan. *C. R. somm. S. G. F.*, p. 91-93.
- PIA J. (1930). — Neue Arbeiten über Solenoporaceae und Corallinaceae. *Neues Jahrb. Min.*, Bd 111, p. 122-148.
- (1934). — Kalkagen aus dem Eozan der Felsen von Hricovské podhradie in wagtal Tschecoslowaque. « *Vestník » Serv. géol. Rép. tchécoslovaque*, t. X, p. 14-18, 8 fig.-texte.
- RAMA RAO et PIA J. (1936). — Fossil algae from the uppermost cretaceous beds (the Niniyur group) of Trichinopoly district sud India. *Pal. Indica*, new ser., vol. XXI, n° 4, 44 p., 6 pl., 43 fig.
- RECH-FROLLO M. et SEGONZAC G. (1958). — Niveaux à Algues dans le Thanétien des Pyrénées. *Bull. Soc. Hist. nat. Toulouse*, t. 93, p. 117-120.
- SCHWAGER C. (1883). — Die Foraminiferen aus den Eocaenablagerungen der libyschen Wüste und Aegyptens. *Paleontographica*, Bd XXX, n° 1, p. 79-154, fig. 25, pl. XXIV-XXIX.
- TRAUTH F. (1918). — Das Eozanvorkommen bei Radstadt im Pongau. *Denk. Ak. Wiss. Wien*, vol. 95, p. 171-278, pl. I-V.

LÉGENDE DE LA PLANCHE XIII a.

- FIG. 1 et 2. — *Pseudolithothamnium album* PFENDER. « Montien » de Saint-Michel (Haute-Garonne).
1 : aspect extérieur, $\times 3$ env. ; 2 : cupule en plaque mince, $\times 40$ env.
- FIG. 3 et 4. — *Distichoplax biserialis* (DIETRICH). Sparnacien de Sautel (Ariège).
3 : aspect moiré des croûtes superposées, $\times 50$; 4 : synapses des cellules, $\times 100$ (S. N. P. A., P 181).
-

Contribution à l'étude du Couvinien dans le bassin de Fort-de-Polignac (Sahara)

par Jean CHAUMEAU, Philippe LEGRAND et Alzine RENAUD *.

PLANCHE XIII b.

Sommaire. — Le contact entre le Dévonien inférieur argilo-gréseux et le Dévonien moyen argilo-calcaire s'observe en quelques points dans les environs de Fort-de-Polignac. Une coupe de référence et les passages latéraux sont décrits minutieusement. L'attribution stratigraphique des différents niveaux est discutée à partir d'arguments paléontologiques. — Description de *Spirifer* (*Spinocyrtia*) *adrarsis* LE MAÎTRE var. *conca*.

Des coupes détaillées du Dévonien dans le bassin de Fort-de-Polignac ont permis de préciser la stratigraphie et la limite du Dévonien inférieur et du Dévonien moyen ainsi que le développement de celui-ci.

Parmi les faunes récoltées, une nouvelle va-

riété de *Spirifer* (*Spinocyrtia*) *adrarsis* LE MAÎTRE a été reconnue.

Les aspects stratigraphiques et paléontologiques de cette étude seront considérés tour à tour.

I. Stratigraphie

par J. CHAUMEAU et Ph. LEGRAND.

Depuis les travaux de J. M. Freulon [1959], on distingue classiquement dans le Dévonien du bassin de Fort-de-Polignac (fig. 1 A) trois grands ensembles lithologiques, à savoir de bas en haut :

- un Dévonien inférieur gréseux,
- un Dévonien inférieur argilo-gréseux,
- un Dévonien moyen et supérieur, argilo-calcaire dans sa partie inférieure, et argilo-gréseux dans sa partie supérieure, le tout surmonté de grès marquant le passage au Carbonifère.

Le contact entre le Dévonien inférieur argilo-gréseux et le Dévonien moyen argilo-calcaire ne s'observe qu'en de rares points. Il correspond en effet à une topographie peu marquée disparaissant sous les épandages argileux, ou sous des ergs plus ou moins importants.

Des coupes sérieuses exécutées pendant la campagne C. F. P. (A) ¹ 1958-1959 nous ont permis toutefois de l'observer à plusieurs reprises, et de noter des variations importantes, tant dans

son aspect que dans sa signification stratigraphique ; c'est celles-ci qui vont être exposées.

COUPE DE RÉFÉRENCE. — La coupe la plus complète s'observe à l'E de l'Oued Imirhou, dans une petite butte en bordure de la piste de Tan Kena (fig. 1 B et C).

En ce point, on observe au-dessus du dernier banc de grès ferrugineux qui marque le sommet du Dévonien inférieur argilo-gréseux (fig. 2) :

- 0,10 m de conglomérat à petits éléments gréseux ou argileux bien roulés dans une pâte ferrugineuse riche en Madréporaires, Brachiopodes et *Tentaculoidea* généralement indéterminables, mais où l'on a pu reconnaître ² *Acrospirifer paradoxus* (SCHLOTH.).
- 0,40 m de grès fin vert à très rares *Chonetes* sp.
- 0,80 m d'argilites vertes et violettes.

* Note présentée à la séance du 6 novembre 1961.

1. Compagnie française des pétroles (Algérie).

2. Tous les Brachiopodes cités dans cette coupe ont été déterminés par A. Renaud.

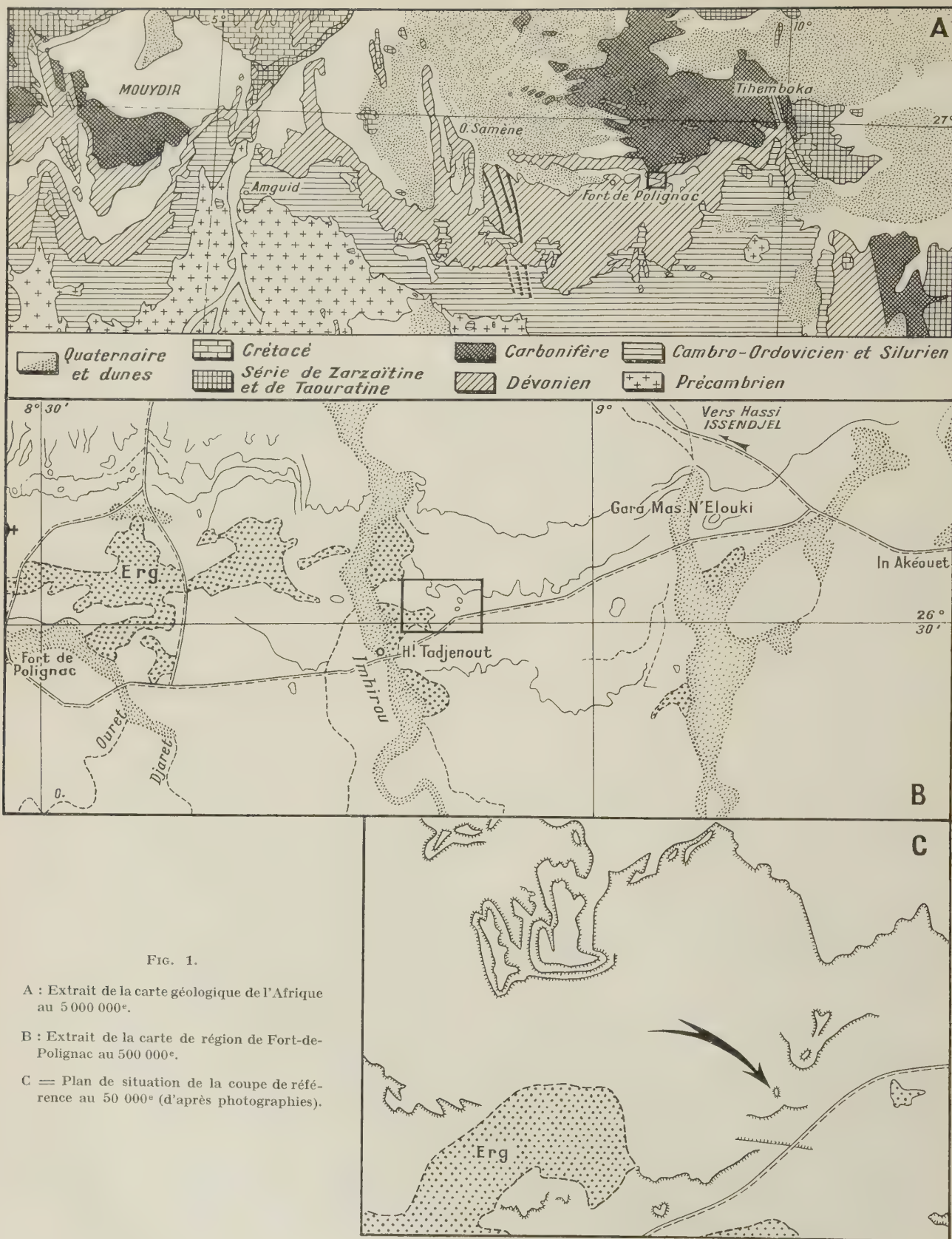


FIG. 1.

A : Extrait de la carte géologique de l'Afrique au 5 000 000°.

B : Extrait de la carte de région de Fort-de-Polignac au 500 000°.

C = Plan de situation de la coupe de référence au 50 000° (d'après photographies).

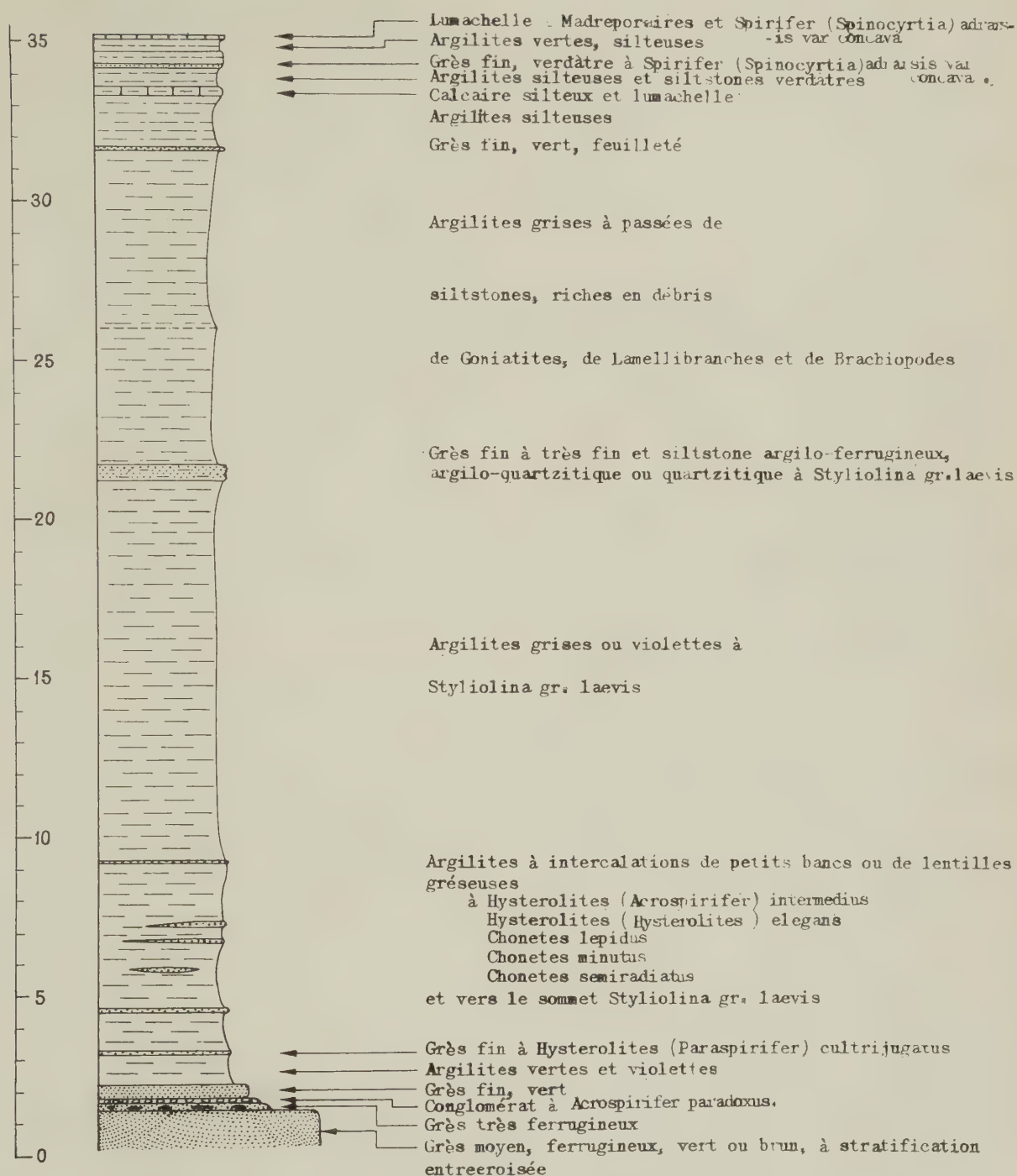


FIG. 2. — Coupe de référence : butte à l'E de l'Oued Imirhou en bordure de la piste de Tankena.

— 0,10 m de grès fin tendre gris ou ocre, qui ont livré : *Hysterolites* (*Acrospirifer*) *subcuspidatus* (SCHNUR) var., *Acrospirifer paradoxus* (SCHLOTH.) var., *H. (A.) eg. intermedius* (SCHLOTH.), *H. (Paraspirifer) cultrijugatus* (ROEMER).

— 5,50 m d'argilites grises ou violettes à intercalations de bancs et de lentilles de grès fins ocres, de siltstone violacé ; on y récolte en abondance : *Hysterolites* (*Acrospirifer*) *intermedius* (SCHLOTH.), *H. (Hysterolites) elegans* (STEIN.), *Chonetes lepidus* HALL, *C. minutus* (GOLDF.), *C. semiradiatus* (Sow.) ;

et au sommet de très nombreux spécimens de *Styliolina* gr. *laevis* RICHTER³.

Au-dessus viennent :

— 12 m d'argilites grises ou violettes.

— 0,50 m de grès fin et de siltstones violets en plaquettes centimétriques intercalés d'argilites silteuses et gypseuses beiges ou violettes, riches en *Styliolina* gr. *laevis* RICHTER.

— 9,80 m d'argilites grises qui ont livré dans leur moitié inférieure des Goniates malheureusement indéterminables, des débris de Lamellibranches, de Brachiopodes et *Styliolina* gr. *laevis* RICHTER.

— 0,10 m de grès fin vert feuilleté.

— 1,60 m d'argilites silteuses vertes à passées gypseuses.

— 0,20 m de calcaire silteux couronné d'une petite lumachelle grise d'*Acrospirifer*, de *Chonetes* et de *Merista*.

— 0,70 m d'argilites silteuses vertes et de siltstones verdâtres à *Chonetes* sp.

— 0,40 m de grès fin verdâtre, très riche en *Spirifer* (*Spinocyrtia*) *adrarsis* LE MAÎTRE var. *concava* nov. var.

— 0,10 m d'argilites vertes silteuses.

— 0,10 m d'une lumachelle calcaire bleue ou violette, très riche en Madréporaires, en *Chonetes* sp. et surtout en *Spirifer* (*Spinocyrtia*) *adrarsis* LE MAÎTRE var. *concava* nov. var.

La partie supérieure de cette coupe se retrouve dans la colline située plus au Nord, dont la butte ici étudiée n'est qu'un témoin méridional. L'un d'entre nous (J. C.) a pu ainsi poursuivre la coupe dans les niveaux supérieurs, mais également assister au passage latéral, vers l'Est, des grès fins rencontrés 20 m au-dessus de la base dans notre section à des calcaires bleus lenticulaires, riches en grandes Goniates indéterminables et en Madréporaires.

ÉVOLUTIONS LATÉRALES (fig. 3). — Vers l'Est : en se dirigeant vers le môle du Tihemboka, les observations de détail sont difficiles, du fait du recouvrement qui masque tout dans un pays très plat. Les calcaires bleus que nous venons de citer disparaissent rapidement, ainsi que l'indique très exactement la carte géologique de la C. R. E. P. S. (feuille : Région de Fort-de-Polignac au 500 000^e) ; mais on ne peut dire si c'est par variation de faciès ou non déposition. Toutefois, entre le fort d'In Akéouet et l'embranchement des pistes vers Fort-de-Polignac et Hassi Issendjel, on peut lever une bonne coupe

du Dévonien inférieur argilo-gréseux, et voir le contact avec le Dévonien argilo-calcaire. Des corrélations précises à l'intérieur du Dévonien inférieur argilo-gréseux permettent de montrer que celui-ci diminue d'épaisseur par lacune à la partie supérieure. Le contact avec le Dévonien argilo-calcaire est marqué par un très mince conglomérat à petits éléments gréseux ou argileux bien arrondis, il supporte des argilites rouges gypseuses très altérées qui ont livré dès leur base *Mucrospirifer* gr. *bouchardi* MURCHISON. Des corrélations précises dans le Dévonien argilo-calcaire et le Dévonien supérieur argilo-gréseux, dont les coupes sont visibles au voisinage, viennent corroborer ce fait, et permettent d'affirmer en ce point l'absence, sans doute totale, du Dévonien moyen argilo-calcaire⁴.

Vers l'Ouest : au voisinage du terrain d'aviation de Fort-de-Polignac, on peut effectuer une coupe très complète du Dévonien moyen et du Dévonien supérieur. Il est hautement probable qu'on a le contact avec le sommet du Dévonien inférieur argilo-gréseux, représenté par des grès ferrugineux. Il est impossible d'en avoir la certitude, du fait du développement de l'Erg Ouan Tin Barek qui empêche de poursuivre la coupe vers les niveaux inférieurs.

La succession est la suivante au-dessus des grès :

— 13 m d'argilites grises et violettes en partie couvertes.

— 0,10 m de grès très fin et de siltstone calcaire à *Styliolina* gr. *laevis* RICHTER.

— 26 m environ d'argilites grises, vertes ou violettes, en grande partie couvertes par le reg.

— 0,10 m de calcaire verdâtre à patine bleue, gréseux, où l'on a pu observer une section et un fragment malheureusement non dégageable de *Pinacites* sp.

— viennent ensuite, sur 9,50 m environ, sept bancs calcaires d'importance variable, séparés par des niveaux argileux.

Au-delà, il faut atteindre la région de l'Oued Samène pour pouvoir de nouveau observer le contact du Dévonien moyen calcaire, sur le Dévonien inférieur argilo-gréseux déjà réduit d'épaisseur. En ce point, on observe directement des bancs de calcaire bleu au-dessus des derniers niveaux gréseux.

ATTRIBUTION STRATIGRAPHIQUE. — 1. *Dévonien inférieur argilo-gréseux*. Il est attribuable en première approximation à l'Emsien, bien que

3. Détermination Ph. Legrand confirmée par H. Lardeux.

4. L'évolution sur le môle du Tihemboka même est plus complexe et sera traitée dans une communication ultérieure sur la stratigraphie de cette région.

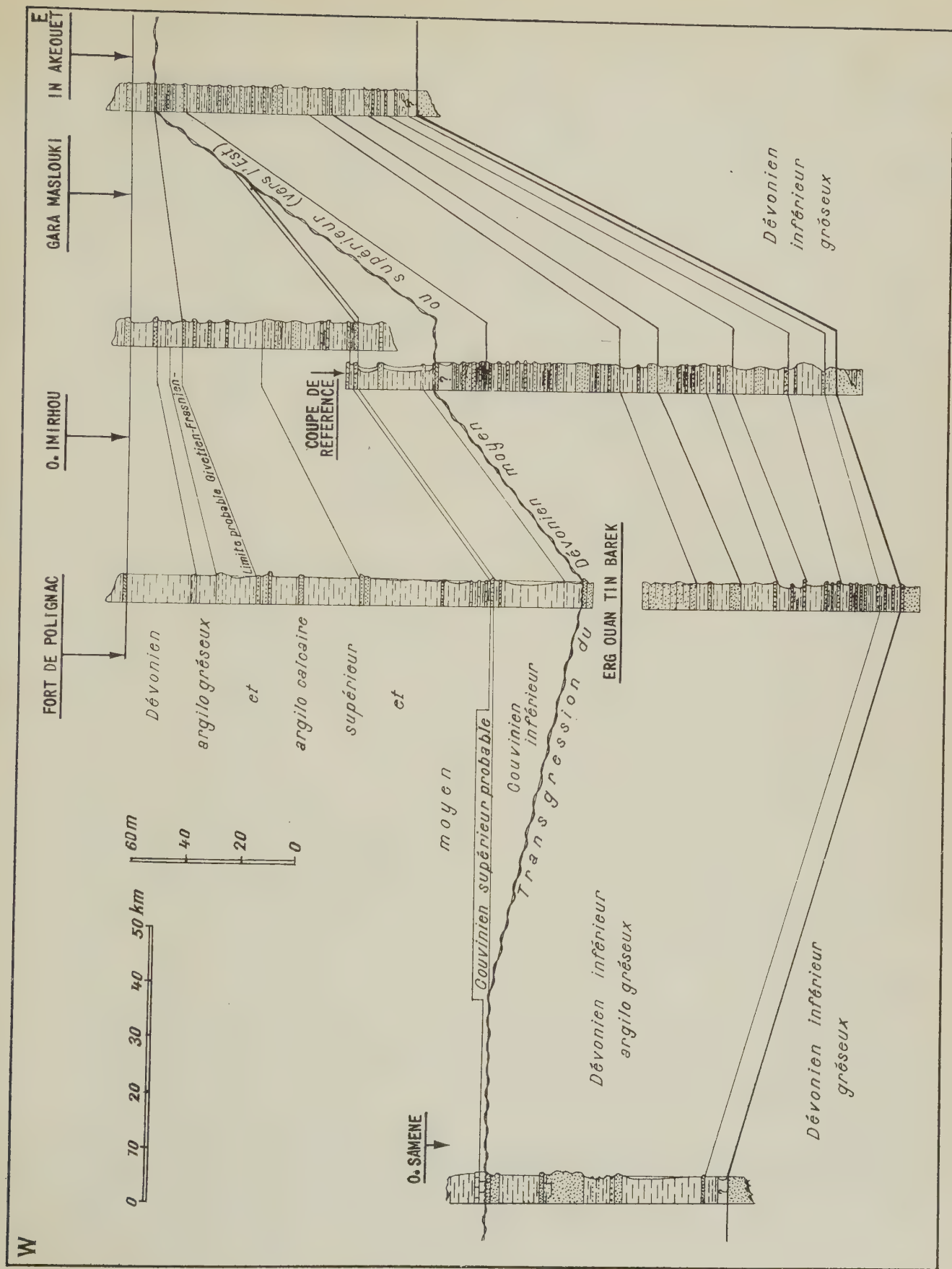


FIG. 3. — Tableau schématique des corrélations dans le Dévonien inférieur argilo-gréseux et le Dévonien moyen argilo-calcaire. Tous les levés originaux des sections reproduites ici ont été faits au 100° et schématisés du fait de l'échelle utilisée.

le problème de la limite avec le Siegenien reste posé. En effet, la valeur chronostratigraphique de la limite de formation que représente le contact Dévonien inférieur gréseux et Dévonien inférieur argilo-gréseux n'est pas certaine, bien au contraire. Par ailleurs, il importe de noter que nulle part, dans le bassin de Fort-de-Polignac, on ne trouve les faunes qui caractérisent l'Emsien supérieur tel qu'il est connu dans le bassin occidental (Azzel Matti). Ceci peut être dû au caractère plus détritique de la sédimentation dans le bassin considéré, mais peut venir également de lacunes partielles au sommet de cet étage.

2. *Couvinien*. a) La présence d'*Hysterolites* (*Paraspirifer*) *cultrijugatus* ROEMER, dès la base de notre coupe de référence, nous conduit à attribuer tout l'ensemble argileux à petites passées gréseuses au Couvinien inférieur⁵. En effet, si l'extension de ce fossile est plus large (Emsien supérieur et même Emsien inférieur semble-t-il en Allemagne), toutes les récoltes faites au Sahara, et en particulier dans la Saoura [Le Maître, 1952 a] ont montré son excellente valeur stratigraphique comme marqueur de la base du Couvinien. Le conglomérat de base par lui-même pose un problème. Du fait de la tendance à l'émergence que montrent les niveaux sous-jacents, la possibilité d'un conglomérat régressif devait en effet être envisagée. Cette hypothèse en outre se trouvait renforcée par la présence de fossiles très mal conservés plutôt d'affinité emsienne avec *Acrospirifer paradoxus* (SCHLOTH.). Nous ne pensons pas toutefois en définitive qu'il faille lui donner cette signification, car les faunes du conglomérat peuvent être remaniées d'une part, que l'on trouve d'autre part encore une variété d'*Acrospirifer paradoxus* dans le niveau à *Hysterolites* (*Paraspirifer*) *cultrijugatus*, et qu'un conglomérat s'observe également à la base du Dévonien supérieur transgressif vers In Akaouet.

b) La reconnaissance du Couvinien supérieur et sa limite supérieure sont plus délicates. Nous avons dit que dans la région du Fort-de-Polignac, le premier niveau calcaire avait permis d'observer une section et un fragment de *Pinacites* sp. (sans doute *Pinacites jugleri* ROEMER). Un autre fragment en a été signalé par la Compagnie d'exploration pétrolière [Remack-Petitot, 1960]. L'excellente valeur chronostratigraphique de ce fossile a été soulignée par G. Peter [1959] dans la Saoura. En se fiant d'autre part sur ce que l'on observe dans le Mouydir, où le Couvinien supérieur à *Pinacites jugleri* est représenté par un banc unique de calcaire bleu, auquel font suite d'autres niveaux cal-

caires d'âge givétien, on est tenté d'attribuer le seul premier niveau carbonaté de la coupe de Fort-de-Polignac au Couvinien supérieur, les autres représentant déjà le Givétien. Le fait que l'on se trouve à la limite des deux étages est d'ailleurs confirmé par les Conodontes. Les résultats de M^{lle} P. Fernet du laboratoire central de la C. F. P. recoupent ceux de M^{me} Remack-Petitot, mais sans apporter davantage de précisions. Dans notre coupe de référence, aucun niveau de calcaire bleu n'est observé, mais nous avons dit que l'on passait latéralement d'un niveau de grès fin et de siltstone à des calcaires bleus juste à l'Est de cette coupe. Il est naturellement impossible de savoir de quel banc il s'agit par rapport aux différents niveaux calcaires de la coupe de Fort-de-Polignac, mais l'expérience montre dans le Mouydir que le niveau calcaréo-gréseux du Couvinien supérieur se conserve toujours, tandis que le Givétien peut devenir entièrement marneux par endroits. Aussi serions-nous tentés de situer à ce niveau la base du Couvinien supérieur. La présence de *Spirifer* (*Spinocyrtia*) *adrarsis* LE MAÎTRE var. *concava* dans la lumachelle sus-jacente semble indiquer que celle-ci doit être également rapportée au Couvinien supérieur, à moins que cette variété puisse se trouver à l'extrême base du Givétien. Dans l'Oued Samène, où les calcaires bleus viennent reposer directement sur le Dévonien argilo-gréseux, nous pensons que seul le Couvinien supérieur est représenté et encore n'y correspondrait-il que la base de cette série carbonatée, ceci toujours par comparaison avec le Mouydir.

3. *Dévonien supérieur*. Dans la coupe à l'W d'In Akaouet, nous avons dit que les argilites juste au-dessus du conglomérat avaient livré *Mucrospirifer* gr. *bouchardi* (MURCH.). La détermination spécifique n'est pas possible, vu le mauvais état du spécimen, aussi peut-on juste dire que l'on est à la limite Givétien-Frasnien, mais probablement déjà dans le Frasnien à notre avis.

CONCLUSION. — L'ensemble de ces observations, qui seront complétées ultérieurement espérons-nous, conduit à nuancer le schéma paléogéographique proposé par J. M. Freulon qui

5. Rappelons que la correspondance exacte Couvinien-Eifélien a été mise en doute par de nombreux chercheurs. La tendance actuelle de l'école allemande [Erben, 1960], ainsi que l'ont montré les discussions du colloque de Bonn (1960), est de paralléliser le sommet de l'Emsien supérieur d'Allemagne avec le Co. 1 a de Belgique, l'Eifélien inférieur étant mis en parallèle avec le Co. 1 b et le Co. 1 c.

décrivait un Givétien transgressif sur le Dévonien inférieur argilo-gréseux attribué à l'Emsien. En réalité, sur des niveaux variables du Dévonien inférieur argilo-gréseux, du fait d'une lacune plus ou moins importante au sommet de la série, on verrait la transgression commencer dès le

Couvinien inférieur au centre du bassin. Elle s'étendrait progressivement vers l'Est et l'Ouest, n'atteignant la région de l'Oued Samène qu'au Couvinien supérieur. Enfin, les premiers contre-forts du Tihemboka à l'Ouest d'In Akaouet ne se trouveraient submergés qu'au Frasnien.

II. Paléontologie

par A. RENAUD.

Spirifer (Spinocyrtia) adrarsis LE MAÎTRE

var. concava nov. var.

Pl. XIII b, fig. 1 à 7.

1952 b. *Spirifer (Spinocyrtia) adrarsis* LE MAÎTRE [p. 342, pl. IV, fig. 3-7 ; pl. V, fig. 23].

HOLOTYPE : SP 699 a₁ (coll. C. F. P. (A)). — Autres spécimens : SQ 551 a₁ 35 ; SP 700 a₁ (même coll.).

DESCRIPTION. — Coquille de grande taille, plus large que longue, à contours latéraux arrondis, à valve ventrale très convexe, plus profonde que la valve dorsale. La plus grande largeur coïncide avec la ligne cardinale. La coquille porte sur toute sa surface des plis radiaires simples, arrondis, séparés par des sillons linéaires bien marqués de largeur inférieure à celle des côtes. Les plis situés sur les extrémités latérales de la coquille n'atteignent pas le crochet. Les plis sont au nombre de vingt à vingt-sept de chaque côté du sinus ou du bourrelet (leur nombre est inférieur sur les moules internes). Sur quelques parties du test bien conservées, on voit de fines stries concentriques d'accroissement.

Valve ventrale. Elle est nettement convexe dans la région du crochet, sa courbure s'atténue ensuite régulièrement vers le bord frontal.

La ligne cardinale correspond en général à la grande largeur de la coquille ; sur un exemplaire elle se prolonge à ses deux extrémités en un court éperon.

Le sinus arrondi et peu profond est étroit au voisinage du crochet ; il s'élargit d'abord assez lentement, puis plus rapidement dans la moitié antérieure de la coquille. Au bord frontal, sa largeur atteint celle des huit à neuf côtes avoisinantes.

Le crochet, petit, est recourbé ; l'aréa est élevée et légèrement concave.

Les caractères internes ont pu être observés sur deux exemplaires partiellement décortiqués : la protubérance musculaire ne s'élève pas au-dessus du plan des valves ; les incisions dentales sont divergentes, situées sur la deuxième côte

bordant le sinus, et s'étendent sur un peu plus du tiers de la longueur de la valve.

Valve dorsale. Elle est nettement moins profonde que la valve ventrale. Le bourrelet, peu élevé, est platement arrondi. Étroit près du crochet, il s'élargit régulièrement, et au bord frontal sa largeur atteint celle des huit à neuf côtes voisines.

Lorsque le test a disparu, le bourrelet montre une dépression médiane particulièrement nette dans la région umbonale, mais s'étendant au-delà de cette région sur quelques exemplaires.

Crochet et aréa non visibles.

DIMENSIONS DE QUELQUES EXEMPLAIRES (en mm) :

(valves ventrales)			
Largeur (l)	37	41	35
Longueur (L)	22	25	20
Largeur du sinus.....	10,5	11	10
Nombre de plis latéraux ..	22	27	25

$$\frac{l}{L} = 1,68 \text{ à } 1,75$$

RAPPORTS ET DIFFÉRENCES. — Cette variété est proche de *Sp. (Spinocyrtia) adrarsis* LE MAÎTRE.

Elle diffère de la forme type par son aréa élevée et concave, par le rapport $\frac{l}{L}$ légèrement plus élevé, par ses plis latéraux plus nombreux.

Elle s'éloigne de *Sp. adrarsis var. acuta* par sa taille plus grande, son aréa légèrement concave, son sinus moins large et à fond arrondi.

Elle se distingue de *Sp. adrarsis var. bifida* par sa taille plus grande et son bourrelet non divisé en deux parties.

Ainsi que l'a montré M^{lle} Le Maître, l'ornementation de *Sp. adrarsis* et ses variétés rappelle l'ornementation de *Sp. ostiolatus*, mais entre les deux espèces il existe des différences.

SIGNIFICATION STRATIGRAPHIQUE. — *Sp. adrarsis* et ses variétés ainsi que *Sp. ostiolatus* se trouvent au Couvinien supérieur. La variété décrite ici se récolte vers la limite Couvinien supérieur-Givétien.

Bibliographie.

- ERBEN H. K. (1960). — Unterlagen zur Diskussion der Unter-Mittledevon Grenze. Colloque de Bonn (à paraître).
- FREULON J. M. (1959). — Études géologiques des séries primaires du Tassili n'Ajjer et du Fezzan (Sahara central). Thèse, Paris.
- KAYSER (1871). — Die Brachiopode der Mittel-und Ober-Devon der Eifel. *Zeitsch. deutsch. geol. Ges.*, Bd 23, p. 491-645, pl. IX-XIV.
- LE MAÎTRE D. (1952 a). — La faune du Dévonien inférieur et moyen de la Saoura et des abords de l'Erg-el-Djemel (Sud oranais). *Mat. Carte géol. Algérie*, 1^{re} sér., Pal., n° 12, 172 p., 22 pl.
- (1952 b). — Contribution à l'étude des faunes paléozoïques de l'Adrar mauritanien (Sahara occidental). *Bull. Dir. Mines A. O. F.*, n° 15, p. 299-382, 6 pl.
- MAILLIEUX (1938). — Le Couvinien de l'Ardenne et ses faunes. *Mém. Mus. r. Hist. nat. Belgique*, n° 83.
- PETTER G. (1959). — Goniatices dévoniennes du Sahara. *Publ. Serv. Carte géol. Algérie*, nouv. sér., Pal., *Mém.* n° 2, 343 p., 26 pl.
- REMAC-PETITOT M. L. (1960). — Contribution à l'étude des Conodontes du Sahara (bassin de Fort-de-Polignac, d'Adrar Reggane et du Djebel Béchar). Comparaison avec les Pyrénées et la Montagne Noire. *B. S. G. F.*, (7), II, p. 240-262.
- SCHNUR (1833). — Eif. Brachiopoden.
- SCUPIN (1900). — Die Speriferen Deutschlands. *Paleont. Abh.*, N. F., Bd IV, H. 3, p. 137, pl. I-X.

LÉGENDE DE LA PLANCHE XIII b.

Spirifer (Spinocyrtia) adrarsis LE MAÎTRE *var. concava* nov. var.

FIG. 1 à 3. — Valve dorsale.

1 : holotype, SP. 699 a_1 ; 2 : SQ. 55 a_4 ; 3 : SP. 700 a_1 , valve partiellement décortiquée montrant les caractères internes.

FIG. 4 à 7. — Valve ventrale.

4 : SQ. 55 a_2 ; 5 : SQ. 55 a_5 ; 6 : SQ. 55 a_3 , région apicale ; 7 : SQ. 55 a_5 , crochet et aréa.

Contribution à l'étude des *Homanolotidae* (Trilobites) des Grès à *Dalmanella monnieri* (Siegénien inférieur) du Massif armoricain

par Jean PILLET *.

PLANCHE XIV.

Sommaire. — Une nouvelle espèce, *Burmeisteria (Digonus) armoricanus*, est décrite. A l'occasion de son étude, les *Homanolotidae* des Grès à *D. monnieri* sont passés en revue.

Nous avons pu réunir un certain nombre de bons spécimens d'un grand *Homanolotidae* appartenant à une espèce inédite, provenant des Grès à *D. monnieri* du Massif armoricain. Les représentants de cette famille sont extrêmement abondants dans cette formation, mais il est tout à fait exceptionnel de rencontrer des spécimens étudiables. Cette espèce semble avoir échappé aux investigations antérieures, ou avoir été confondue avec des espèces voisines telle *B. (D.) rhenanus* (Koch). L'étude des *Homanolotidae* des Grès à *D. monnieri* mériterait d'ailleurs d'être reprise de façon systématique mais elle est rendue extrêmement délicate du fait du caractère très fragmentaire des spécimens. Nous passons en revue à la fin de cette note l'essentiel de ce qui est connu sur ce sujet dans l'espoir de fournir une base de départ à de nouvelles recherches.

Burmeisteria (Digonus) armoricanus nov. sp.

Pl. XIV et Texte-pl., fig. 1 et 1 a.

1928 a. *Homanolotus cf. rhenanus* PÉNEAU [p. 192, texte-fig. 1].

1928 c. *H. cf. rhenanus* PÉNEAU [p. 135].

? 1942. *H. (Digonus) rhenanus* PÉN. in Renaud [p. 284].

1958. *H. (D.) rhenanus* PÉN. in Pillet [pp. 19, 20, 21].

TYPE : le pygidium figuré Pl. XIV, fig. 2.

LOCALITÉ TYPE : Thorigné-en-Charnie (Mayenne). Coll. Pillet. Musée d'Angers.

ÉTAGE TYPE : Grès à *D. monnieri*. Siegénien inférieur.

MATÉRIEL : Un seul céphalon entier sans les librigènes. Nombreuses glabelles isolées. Plusieurs librigènes. Très nombreuses plèvres thoraciques isolées et un thorax ayant gardé ses plèvres en connexion. Très nombreux pygidia.

EXTENSION. Cette espèce existe pratiquement dans tous les gisements fossilifères de Grès à *D. monnieri* suffisamment explorés. Il s'agit pratiquement toujours d'exuvies. Les céphalons ont perdu leurs librigènes et les plèvres thoraciques sont dissociées. Le spécimen figuré Pl. XIV, fig. 5 est le seul ayant conservé ses diverses pièces en connexion.

DIMENSIONS. Le caractère fragmentaire des échantillons interdit de donner des mesures précises. Cette espèce atteignait une grande taille. Le céphalon, figuré Pl. XIV, fig. 1, reconstitué, atteindrait les dimensions suivantes :

Longueur totale : 50 mm
Largeur totale : 90 mm
Longueur de la glabelle : 35 mm
Largeur de la glabelle : 37 mm

On peut estimer la longueur de ce spécimen, entier, à 18 cm environ. Certaines plèvres isolées indiquent une taille nettement plus forte.

DESCRIPTION. Espèce assez peu convexe, de grande taille. Céphalon transverse, à contour frontal surbaissé. Glabelle rectangulaire, presque aussi longue que large, dont la partie postérieure est un peu plus large que la partie antérieure.

* Note présentée à la séance du 6 novembre 1961.

Les sillons dorsaux ne sont pas de véritables sillons mais sont seulement marqués par une rupture de pente. Ils sont très légèrement concaves en dehors. Les sillons latéraux sont invisibles. Sillon occipital large, mousse, peu profond. Anneau occipital large, plat, limité latéralement par un prolongement des sillons dorsaux. Fixigènes très larges, assez convexes. L'œil est situé à mi-longueur de la glabelle et largement écarté d'elle. Elles sont bordées en arrière par un bourrelet mousse qui s'élargit en dehors et est limité par un sillon large et très peu profond. Champ préglabellaire très large et plat. En avant de lui le cours de la suture est transversal et se réunit à la suture préoculaire par une courbe à faible rayon.

Thorax convexe, pratiquement pas trilobé. Les plèvres se terminent par une extrémité mousse, renflée, recourbée en arrière.

Pygidium triangulaire à extrémité postérieure apparemment mousse. Trilobation assez nette mais l'axe n'est séparé par un sillon des lobes pleuraux que dans le tiers postérieur. Dans les deux tiers antérieurs il n'est marqué que par une rupture de pente. L'axe porte une dizaine d'anneaux mousques et bien limités par des sillons relativement profonds et étroits. Son extrémité postérieure est saillante, presque carénée, mousse, et elle atteint le bord. Lobes pleuraux assez peu convexes, portant 7 ou 8 côtes arrondies et mousques, séparées par des sillons trois fois plus étroits qu'elles. Côtes et sillons s'arrêtent à 2 mm du bord, ce qui délimite une bordure lisse mais non renflée. Les côtes ne sont pas dans l'exact prolongement des anneaux axiaux mais se continuent directement avec eux de sorte qu'elles dessinent une courbe en S dans leur portion initiale, courbe d'autant plus marquée que la côte est plus postérieure. Le premier sillon est beaucoup plus profond que les autres.

Les formes jeunes, d'après M. J. Péneau qui décrit un céphalon et un pygidium de 2,5 mm, se distinguent par la persistance des sillons latéraux à la glabelle, et par la trilobation plus marquée du pygidium, c'est-à-dire par la persistance habituelle des caractères archaïques non spécialisés.

RAPPORTS ET DIFFÉRENCES. — Cette espèce diffère de *Burmeisteria (Digonus) rhenanus* (Koch 1883) par son céphalon nettement plus transverse, par les sillons dorsaux de la glabelle moins profonds, par son anneau occipital mieux limité latéralement. Le pygidium est moins allongé, moins acuminé en arrière, l'axe allant presque au niveau de la bordure. Par ces caractères, notre espèce se trouve intermédiaire entre le sous-genre *Digonus* et le genre *Parahomanolotus*. Nous avons fait la même remarque pour l'espèce gédinnienne *Burmeisteria (Digonus) zemmourensis* (PILLET 1961).

Elle diffère de *Burmeisteria (Digonus) le hiri* (Barrois 1886) du Gédinnien armoricain par sa glabelle plus rectangulaire, par son céphalon plus transverse, par la disparition totale des sillons latéraux glabellaires, par son pygidium beaucoup moins triangulaire.

Burmeisteria (Digonus) roemeri (de Koninck 1876), du Gédinnien inférieur d'Allemagne et du Nord de la France, est très voisin. Il s'en distingue par la glabelle mieux limitée, par les sillons dorsaux incurvés, par l'axe pygidial plus nettement limité, par la présence d'une fine épine axiale au pygidium. Les mêmes caractères distinguent *Burmeisteria (Digonus) vialai* (Gosselet 1912) du Gédinnien de l'Artois, qui est très imparfaitement connu.

Burmeisteria (Digonus) acuminatus (de Trom. et Leb. 1876, emend. Renaud 1942) du Gédinnien inférieur armoricain, connu seulement par le pygidium, est beaucoup plus allongé, plus triangulaire.

Burmeisteria (Digonus) lebescontei (Renaud 1942) du même niveau, connu également seulement par le pygidium, a une forme générale voisine, mais l'axe est plus marqué et le nombre de segments beaucoup plus faible.

Les autres espèces du sous-genre *Burmeisteria (Digonus)* sont beaucoup plus éloignées. Il est remarquable de constater que, en dehors des espèces locales, les rapports les plus proches se font avec les espèces gédiniennes et non avec les espèces, beaucoup plus nombreuses et mieux connues, du Dévonien inférieur terminal.

Observations sur les *Homanolotus* des Grès à *Dalmanella monnieri*.

La présence d'*Homanolotidae* dans les Grès à *Dalmanella monnieri* est anciennement connue. Malheureusement les auteurs anciens se contentèrent de citations plus ou moins exactes et créèrent des « espèces » nouvelles sans les figurer.

Les auteurs qui suivirent continuèrent à citer ces formes non identifiables et il en résulta de nombreuses confusions. Ce n'est que très postérieurement à ces vieilles descriptions que plusieurs auteurs (Péneau, Renaud) donnèrent des

descriptions utilisables et des figures. Seules ces publications peuvent être prises comme base d'étude. Les espèces brièvement décrites et non figurées des anciens auteurs doivent, conformément aux règles de nomenclature, être considérées comme sans valeur. Dès 1886, Barrois était arrivé à cette conclusion.

On peut dresser ainsi la liste des espèces connues d'*Homanolotidae* des Grès à *D. monnieri* (Siegiénien inférieur) du Massif armoricain :

1. *Burmeisteria (Digonus) gahardensis* (DE TROM. et LEB. 1876) (Texte-pl., fig. 2).

1851. *Homanolotus brongniarti* ROUAULT [p. 379 (non *Calymenella (Eohomanolotus) brongniarti* DESLONGCHAMPS 1825, du Caradocien)].

1866. *H. brongniarti* ROUAULT in Salter [p. 290, pl. XV, fig. 1 b, pygidium (non DESLONGCHAMPS)].

1876. *H. gahardensis* DE TROMELIN et LEBESCONTE [p. 665].

1882. *H. gahardensis* DE TROM. et LEB. in Oehlert [p. 283].

1912. *H. gahardensis* DE TROM. et LEB. in Collin [p. 265].

1925. *H. gahardensis* DE TROM. et LEB. in Couffon [p. 42].

1934. *H. gahardensis* DE TROM. et LEB. in Couffon [p. 56].

? 1942. *H. gahardensis* DE TROM. et LEB. in Renaud [p. 280, pl. XI, fig. 12 (céphalon)].

1958. *H. (Digonus ?) gahardensis* DE TROM. et LEB. in Pillet [p. 21].

OBSERVATIONS. Cette forme est reconnaissable depuis Salter qui figura un pygidium.

Mlle A. Renaud rapporte à cette espèce une portion fixe de céphalon. En l'absence de spécimen complet, il n'est pas possible d'être absolument sûr de l'identité spécifique.

EXTENSION. Grès à *D. monnieri* du Finistère, de l'Ille-et-Vilaine, de l'Anjou.

2. *Burmeisteria (Digonus) acuminatus* (DE TROMELIN 1876, emend RENAUD 1942) (Texte-pl., fig. 5).

1876. *Homanolotus acuminatus* DE TROMELIN et LEBESCONTE [p. 614].

1912. *H. acuminatus* DE TROM. et LEB. in Collin [p. 265].

1942. *H. acuminatus* DE TROM. et LEB. in Renaud [p. 281, pl. XI, fig. 11].

NÉOTYPE. Figuré par Mlle Renaud (pygidium).

LOCALITÉ TYPE. Grès à *D. monnieri* de Lanvéoc (Finistère).

EXTENSION. Grès du Finistère et de Gahard.

OBSERVATION. Espèce connue seulement par le pygidium.

3. *Burmeisteria (Digonus ?) lebescontei* (RENAUD 1942) (Texte-pl., fig. 7).

1942. *Homanolotus lebescontei* RENAUD [p. 282, pl. XI, fig. 4 ; pl. XII, fig. 3-4].

TYPE (désigné ici), figuré par Renaud [1942, pl. XI, fig. 4] : pygidium.

LOCALITÉ TYPE. Grès à *D. monnieri* de Lanvéoc (Finistère).

EXTENSION. Grès du Finistère et de Gahard.

OBSERVATION. Connue seulement par le pygidium.

4. *Burmeisteria (Digonus) intermedius* (VIËTOR 1916) (Texte-pl. fig. 3, 3 a).

1916. *Homanolotus intermedius* VIËTOR [p. 359, pl. 16, fig. 2].

1932. *Homanolotus (Digonus) intermedius* VIËTOR in Mailleux [p. 92, pl. V, fig. 10-12].

1942. *H. collini* RENAUD [p. 286, pl. XI, fig. 9].

? 1942. *H. sp. aff. acuminatus* DE TROM. et LEB. in Renaud [p. 282].

1958. *H. (Digonus) collini* RENAUD in Pillet [pp. 19, 21].

OBSERVATION. L'espèce décrite par Mlle A. Renaud pour des céphalons provenant des Grès à *D. monnieri* de Lanvéoc et de Gahard ne semble présenter aucune différence appréciable avec l'espèce ci-dessus citée. Il est probable, mais non certain, que les pygidia rapprochés par Mlle A. Renaud de *B. (D.) acuminatus* appartiennent aussi à cette espèce. Elle existe également dans les Grès à *D. monnieri* de l'Anjou.

EXTENSION. Cette espèce est citée par son auteur dans les Koblenzquartzit et par Mailleux dans l'Emsien moyen de l'Ardenne (assise de Winenne). Elle apparaîtrait donc plus tôt dans le massif armoricain.

5. *Burmeisteria (Digonus) armoricanus* PILLET 1961 (voir la description ci-dessus).

6. *Burmeisteria (Digonus) barrandei* (ROUAULT 1851, emend PÉNEAU 1934) (Texte-pl., fig. 8).

1851. *Homanolotus barrandei* ROUAULT [p. 370].

1876. *H. barrandei* ROUAULT in de Tromelin et Lebesconte [p. 614].

1882. *H. barrandei* ROUAULT in Oehlert [p. 283].

1912. *H. barrandei* ROUAULT in Collin [p. 265].

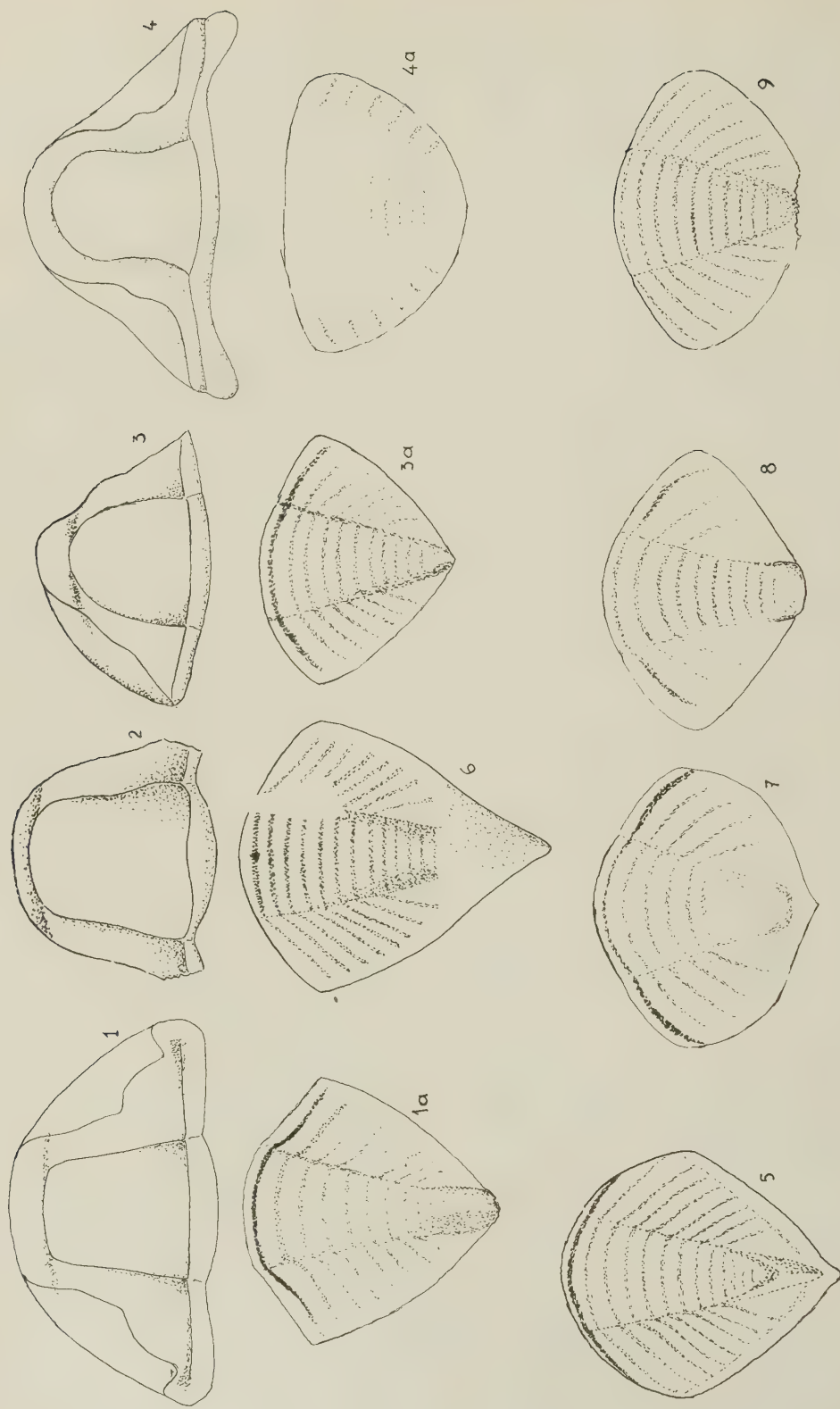
1934. *H. barrandei* ROUAULT in Péneau [p. 547, pl. XXX, fig. 1, texte-fig. 2].

NÉOTYPE. Pygidium figuré par J. Péneau.

LOCALITÉ TYPE. Quartzites gédinniens de La Debériaies près La Chapelle Erbee (Mayenne).

EXTENSION. Gédinnien du Massif armoricain (Mayenne, Finistère). Décrite par Rouault des Grès à *D. monnieri* de Gahard et citée par Collin du même niveau du Finistère. M. J. Péneau considère sa présence comme douteuse dans les Grès à *D. monnieri*.

OBSERVATIONS. Espèce connue seulement par le pygidium.



TEXTE-PLANCHE.

- 1 et 1 a : *Burmeisteria (Digonus) armoricanus* nov. sp. — 2 : *B. (Dig.) gahardensis* (DE TROMELIN ET LEBESCONTE). — 3 et 3 a : *B. (Dig.) intermedius* (VIÉTOR). — 4 et 4 a : *Trimerus (Dipleura) planus* (SANDBERGER). — 5 : *Burmeisteria (Digonus) acuminatus* (DE TROMELIN ET LEBESCONTE). — 6 : *B. (Dig.) rhenanus* (KOCH). — 7 : *B. (Dig.) lebescontei* (RENAUD). — 8 : *B. (Dig.) barrandei* (ROUAULT). — 9 : *B. (Dig.)* sp. 3.

7. *Trimerus (Dipleura) planus* (SANDBERGER man., KOCH 1883) (Texte-pl., fig. 4, 4 a).

Homanolotus planus SANDBERGER man.

1883. *H. planus* SANDB. in KOCH [p. 61, pl. VII, fig. 1-4].

1932. *H. (Dipleura) planus* SANDB. in MAILLEUX [p. 91].

1940. *H. (Dipl.) planus* SANDB. in MAILLEUX, pp. 17, 22, 23].

1942. *H. (Dipl.) planus* SANDB. in RENAUD [p. 287].

OBSERVATIONS : Cette espèce est signalée par M^{lle} RENAUD dans les Grès à *D. monnieri* du Finistère et de l'Ille-et-Vilaine. Elle est connue dans le Siegénien rhénan, et dans l'Ardenne du Siegénien supérieur à l'Emsien moyen.

8. *Espèces insuffisamment connues mais différentes des formes précédentes.*

— *Burmeisteria (Digonus) sp. 1* (= *Homanolotus sp. cf. lebescontei* RENAUD [1942, p. 283, pygidium]) des Grès à *D. monnieri* de Gahard et Lanvéoc.

— *Burmeisteria (Digonus) sp. 2* (= *Homanolotus (Digonus) cf. rhenanus* KOCH in RENAUD [1942, p. 285, céphalon]) des Grès à *D. monnieri* de Lanvéoc.

— *Burmeisteria (Digonus) sp. 3* (Texte-pl., fig. 9) (= *Homanolotus sp. in* RENAUD [1942, p. 281, pl. XI, fig. 3, pygidium]) des Grès à *D. monnieri* de Landevennec.

— *Burmeisteria (Digonus) sp. 4* (= *Homanolotus sp. in* RENAUD [1942, p. 291, pl. XII, fig. 6, céphalon]) des Grès à *D. monnieri* de l'Ille-et-Vilaine (Gahard, Saint-Médard-s.-Ille).

9. *Espèce dont la présence est douteuse dans les Grès à D. monnieri.*

— *Burmeisteria (Digonus) rhenanus* (KOCH) [1883, p. 32, pl. 3, fig. 1-6] (Texte-pl., fig. 6). Cette espèce est citée dans les Grès à *D. monnieri* par M. Péneau, avec doute, dans le synclinal d'Angers (Saint-Barthélémy, Avrillé et Vern), et par M^{lle} RENAUD dans ceux du synclinorium médian (Lanvéoc et Gahard). Tous les spécimens du synclinal d'Angers sont différents de *B. (D.) rhenanus* et appartiennent en fait à *B. (D.) armoricanus n. sp.* Nous avons également observé en assez grande abondance cette espèce dans les grès du Finistère et de la Mayenne. Cependant, nous n'avons pas révisé les collections de ces gisements et il n'est pas impossible que certains échantillons appartiennent bien à *B. (D.) rhenanus*.

— OBSERVATION GÉNÉRALE. — Une partie importante des espèces est connue seulement par des céphalons ou des pygidia isolés. Il est bien évident qu'une partie de ces noms spécifiques devra disparaître au fur et à mesure que l'on pourra savoir en toute certitude réunir le céphalon au pygidium correspondant. Les *Homanolotidae* armoricains ne sont pas suffisamment connus pour que l'on puisse tenter de telles assimilations dès maintenant et même certains groupements acceptés actuellement sont un peu sujets à caution [cf. *B. (D.) gahardensis*]. Il faut insister sur le fait que les caractères accessoires (taille, affinités des caractères du céphalon et du pygidium) ne permettent pas dans l'état actuel des connaissances d'appareiller les spécimens.

Ouvrages cités.

BARROIS Ch. (1886). — Aperçu sur la constitution géologique de la rade de Brest. *B. S. G. F.*, (3), XIV, p. 34-69, pl. XXXI-XXXIII.

COLLIN L. (1912). — Étude de la région dévonienne occidentale du Finistère. Thèse, 470 p., 2 pl., Brest.

COUFFON O. (1925). — Le Dévonien en Maine-et-Loire. *Bull. Soc. Ét. scient. Angers*, t. LIV, p. 33-98, 15 texte-fig.

— (1934). — Précis de géologie angevine. 1 vol., 199 p., 170 texte-fig. Angers.

GOSSELET J., BARROIS Ch., LERICHE M. et CREPIN A. (1912). — Description de la faune siluro-dévonienne de Liévin. *Mém. Soc. géol. Nord.*, t. 6, n° 2, p. 11-13, pl. 1.

KOCH K. et KAYSER E. (1883). — Monographie des *Homanolotus*-Arten des rheinischen Unterdevon. *Abh. geol. Spezialkarte Preussen*, Bd IV, H. 2, p. 1-85, 8 pl.

KONINCK L. G. DE (1876). — Notice sur quelques fossiles recueillis par G. Dewalque dans le système gédinnien de A. Dumont. *Ann. Soc. géol. Belgique*, t. 3, p. 25-52, pl. I.

MAILLEUX E. (1932). — La faune de l'assise de Winenne (Emsien moyen) sur les bordures méridionale et orientale du bassin de Dinant. *Mém. Mus. r. Hist. nat. Belgique*, n° 52, 102 p., 5 pl.

— (1940). — Le Siegénien de l'Ardenne et ses faunes. *Bull. Mus. r. Hist. nat. Belgique*, t. XVI, n° 5, 23 p.

- OEHLERT D. et P. (1882). — Notes géologiques sur le département de la Mayenne, accompagnées d'une carte géologique par M. J. Triger. *Bull. Soc. Ét. scient. Angers*, 1881-82, p. 225-370.
- PÉNEAU J. (1928 a). — Contribution à la faune du Dévonien inférieur de l'Ouest de la France. *C. R. Congr. Soc. sav. Paris et Dépts*, Lille, sect. Sc., p. 189-194, 1 fig.
- (1928 b). — Une forme jeune d'*Homanolotus* du Dévonien inférieur. *Bull. Soc. Sc. nat. Ouest*, (4), t. VIII, p. V.
- (1928 c). — Études stratigraphiques et paléontologiques dans le Sud-Est du Massif armoricain (synclinal de Saint-Julien-de-Vouvantes). *Ibid.*, (4), VIII, 300 p., 34 pl.
- (1934). — Contribution à la faune du Dévonien inférieur du Massif armoricain. *B. S. G. F.*, (5), IV, p. 545-561, pl. XXX.
- PILLET J. (1958). — Contribution à l'étude du Dévonien armoricain. II : La faune du Siegénien inférieur en Anjou. *Bull. Soc. Ét. scient. Angers*, p. 15-25.
- (1961). — Contribution à l'étude des faunes de Trilobites du Zemmour (Mauritanie septentrionale). *Ann. Fac. Sc. Univ. Dakar*, t. 6, p. 93-118, pl. I-III, 9 fig.-texte.
- RENAUD A. (1942). — Le Dévonien du synclinorium médian Brest-Laval. *Mém. Soc. géol. et min. Bretagne*, t. VII, fasc. 1, 184 p.; fasc. 2, 439, p. 14 pl.
- RICHTER R. et E. (1954). — Die Trilobiten des Ebbesattels und zu vergleichende Arten (Ordovizium, Gothlandium/Devon). *Abh. senckenb. naturf. Ges.*, n° 488, p. 1-76, 6 pl., 12 texte-fig.
- ROUAULT M. (1851). — Mémoire sur le terrain paléozoïque des environs de Rennes avec les descriptions des fossiles qu'ils renferment. *B. S. G. F.*, (2), VIII, p. 358-399, 8 fig.
- SALTER J. W. (1864). — On some new fossils from the *Lingula*-flags of Wales. *Quart. Journ. geol. Soc. London*, vol. 20, p. 233-241, pl. XIII.
- SANDBERGER G. et Fr. (1850-1856). — Die Versteinerungen des rheinischen Schichtensystems im Nassau, 564 p., 39 pl.
- SDZUY KL. (1959). — *Homanolotidae*. In R. C. MOORE, Treatise on invertebrate paleontology, part O, Arthropoda I, p. 454-461, fig. 358-361.
- TROMELIN G. DE et LEBESCONTE P. (1876). — Observations sur les terrains primaires du N du département d'Ille-et-Vilaine et de quelques autres parties du massif breton. *B. S. G. F.*, (2), IV, p. 583-623.
- VIËTOR (1916). — Der Koblenzquartzit, seine Fauna. *Jahrb. kon. preuss. geol. Landesanst.* Bd XXXVII, Teil II (1919), p. 317-476, pl. 16-18.

LÉGENDE DE LA PLANCHE XIV.

Burmeisteria (Digonus) armoricanus nov. sp.

FIG. 1. — Céphalon sans les librigènes.

FIG. 2 à 4. — Pygidium (2 : type).

FIG. 5. — Thorax ayant gardé ses segments en connexion.

FIG. 6. — Portion fixe de céphalon. Angers (Les Banchais).

FIG. 7. — Librigène isolée. Angers (Les Banchais).

FIG. 8. — Plèvres isolées.

Tous les échantillons (sauf fig. 6 et 7) de Thorigné-en-Charnie. — Fig. 1, 3, 4, 5 et 8 : coll. Davoust, Univ. d'Angers. — Fig. 2, 6 et 7 : coll. Pillet, Mus. d'Angers. — Toutes les fig. : $\times 1$.

La question des conditions probables du climat de l'Autunien et du Saxonien de l'Europe centrale et occidentale

par Horst FALKE *.

Sommaire. — La similitude des flores du Carbonifère supérieur et de l'Autunien, ainsi que la faune et la plus grande partie des sédiments de l'Autunien, permettent de penser avec une grande probabilité que, durant cette époque, un climat humide et chaud entrecoupé par quelques périodes sèches prédominait. L'étude de la faune et des sédiments du Saxonien permettent d'admettre que les périodes sèches augmentaient sans aboutir toutefois, sauf à la fin de cette époque, à un climat désertique (?).

Durant le « Rotliegendes » (Autunien et Saxonien), les conditions climatiques dans les bassins séparés étaient différentes, tantôt humides, tantôt plus sèches. Comme de nos jours, le relief devait avoir une grande influence sur le climat. A ce jour les données fournies par la flore, la faune et les sédiments doivent être interprétées avec prudence.

Le climat et ses variations dépendent, nous le savons, de divers facteurs : les uns extra-terrestres (comme la constante solaire, la fluctuation du déplacement de la terre sur son orbite), les autres terrestres (comme la constitution de l'atmosphère, la distribution des terres et des mers, l'importance du relief).

Si la plupart des facteurs sont bien connus pour la période actuelle, il n'en est pas de même pour les temps géologiques. En conséquence, un grand nombre des hypothèses destinées à expliquer les variations de climat des périodes géologiques ont été établies d'une manière plus ou moins fantaisiste.

Pour être recevable, chaque hypothèse doit s'appuyer sur des faits géologiquement observables, à savoir : 1) les fossiles et plus particulièrement ceux conservés dans des sédiments continentaux ; 2) les caractères inorganiques des sédiments ; 3) la paléogéographie ; 4) les mesures paléomagnétiques. Les conclusions paléogéographiques seront déduites de 1 et 2 en considérant leur comportement régional.

Mais les données recueillies en examinant ces différents faits ne sont pas toujours décisives ; certains d'entre eux, tel le développement des Végétaux, doivent encore faire l'objet d'études approfondies.

La discussion des conditions climatiques probables régnant à l'Autunien et au Saxonien (Rotliegendes) ne peut pas encore aboutir à des résultats satisfaisants à tous égards. Si malgré

ces difficultés, nous prenons plus loin position face à ce problème, c'est à la lumière de toutes les observations recueillies jusqu'ici et en discutant leur valeur démonstrative. La solution de ce problème semble d'autant plus importante que l'influence du climat est sans doute déterminante en ce qui concerne les conditions de sédimentation et les produits transportés dans les différents bassins.

Le « Rotliegendes », représentant du Permien inférieur, est situé entre le Carbonifère et le Thuringien. Il faut donner un bref aperçu des conditions climatiques des deux périodes qui l'encadrent.

Pendant le Carbonifère, une végétation exubérante a donné naissance, dans des zones épirogéniques, à de très vastes tourbières qui sont à l'origine des veines de houille et des sédiments riches en plantes qui les accompagnaient. On en conclut généralement que le climat de l'hémisphère nord était chaud et humide, mais non absolument uniforme. Cependant on doit remarquer que nous n'avons pas de données directes sur les exigences climatiques des Filicinées, des Équisétinées et des Lycopodinées de cette époque puisque ces plantes sont éteintes. La faune, dans les régions houillères et dans les régions marines voisines riches en calcaires récifaux, semble indiquer également une température élevée. Au contraire, les plantes fossiles trouvées dans l'hé-

* Note présentée à la séance du 6 novembre 1961.

misphère sud témoignent d'un climat tempéré frais et les tillites des dépôts de ces régions indiquent même un climat froid, avec des centres locaux de glaciation ayant subsisté jusqu'au Permien.

En ce qui concerne le Thuringien, la pauvreté des plantes, les formes de dessiccation dans les sédiments, les dépôts d'évaporites abondants dans l'hémisphère nord indiqueraient un climat probablement aride (?) et chaud.

Entre ces deux extrêmes, et en supposant un développement continu des conditions climatiques, on doit s'attendre à un climat variable durant la période de transition : le « Rotliegendes ». Quelles informations se rapportant à ce point pouvons-nous tirer des données géologiques, paléontologiques, sédimentologiques et paléomagnétiques ? C'est ce que nous allons examiner ici. Conformément au sujet proposé, nous nous bornerons à l'Europe centrale et occidentale.

*
* *

A) LA FLORE. — Selon l'état actuel des recherches, il n'y a pas de coupure brusque entre la flore du Stéphanien et celle de l'Autunien (= Rotliegendes) mais au contraire passage progressif. Dans l'Autunien, si les Lépidophytes ont presque complètement disparu, ainsi que certains types de Pteridospermées et quelques-uns des Articulées, un grand nombre de genres et d'espèces des deux derniers groupes persistent encore. De nouveaux types apparaissent, tel *Callipteris conferta*, important fossile caractéristique du « Rotliegendes ». Parmi les Filicinées, les Pecopteridées se distinguent, moins par la variété des formes (déjà remarquable pendant le Carbonifère), que par l'apparition en masse de certaines Fougères, comme p. e. *Asterotheca arborescens* qui probablement appartient à la famille des Marattiacées et dont il n'existe plus aujourd'hui que de rares espèces subtropicales et tropicales. Comme au Carbonifère, les Cordaïtes ont aussi un développement important.

Cette flore de l'Autunien, d'après les recherches effectuées jusqu'à présent, ne montre pas de différences considérables, tant du point de vue systématique que du point de vue physiologique, avec celle du Carbonifère ; cependant, on observe un appauvrissement de la végétation au cours du « Rotliegendes ». Dans ses couches supérieures, elle n'apparaît plus qu'en quelques lieux isolés comme des oasis (p. e.

région Sarre-Nahe), et à la fin de cette époque elle disparaît, sauf en des endroits isolés où elle est extraordinairement pauvre. Par contre les Conifères, qui sont apparus pour la première fois dans le Stéphanien, deviennent plus fréquents avec le genre *Lebachia*.

D'après les recherches de Gimm et Gothan [1930] effectuées dans l'Autunien de la forêt de Thuringe, les *Lebachia* préfèrent comme les Callipteridées des stations relativement sèches. C'est pourquoi, à l'opposé de l'association Calamites-Pecopteridées, ils ne participent pas à la formation des couches de houille.

Leur prédominance pendant le Saxonien et l'absence presque totale des plantes précédemment existantes peuvent être dues soit au climat, soit à l'évolution. Il est beaucoup moins probable que cette absence soit imputable à la décomposition plus facile des plantes, dont les débris auraient été détruits avant la sédimentation par suite de conditions d'oxygénation plus fortes. Car il ne faut pas oublier le fait, déjà mentionné, que les Ptérophylloles sont conservées dans les dépôts de lacs temporaires du Saxonien, comme il a dû en exister p. e. dans la région Sarre-Nahe. Pour autant qu'on le sache, ces plantes ne montrent pas de changement, ni dans leur morphologie extérieure, ni dans leur organisation intérieure par rapport à celles de l'Autunien et donc aussi du Stéphanien.

Selon les théories actuelles, la végétation composée des Articulées, des Filicinées et des Pteridospermées, avec l'apparition de formes grimpantes parmi ces deux derniers groupes, la faible pilosité des plantes, le développement des troncs lisses, l'absence d'écorce chez ces Végétaux arborescents, indiquent un climat humide. Par comparaison avec les conditions existant dans la forêt équatoriale actuelle, on ne peut utiliser qu'avec réserves le caractère grimpant ou lianissant des Végétaux en tant qu'indice climatologique, car ces caractères se développent également lorsque les plantes ont à lutter pour la lumière. Cet exemple (et il en existe d'autres) prouve que, spécialement en paléobotanique, la méthode actualisant les phénomènes géologiques ne peut être utilisée qu'avec une prudence extrême : en beaucoup de cas elle conduit à des interprétations équivoques.

Les mêmes réserves s'imposent relativement à l'évaluation des températures de cette époque. Potonié [1907] pense que l'apparition des Filicinées arborescentes, des Aphlébies, etc. correspond à un climat tropical. Cette opinion n'est pas restée incontestée ; mais cependant, en raison de l'aspect général de ce monde végétal, les

spécialistes admettent volontiers que le climat était humide et chaud.

Selon eux, l'absence presque absolue d'anneaux de croissance périodiques dans les troncs est un indice du caractère uniforme du climat ; citons à titre d'exemple les troncs des Cordaïtes et ceux des *Lebachia* qui (surtout *Lebachia*) jouent aussi un rôle dans le « Rotliegenden ». A ma connaissance, cette croissance n'a pas encore été étudiée à fond pour cette époque, mais en tenant compte des recherches de Frentzen [1923], cet indicateur du climat ne peut être cité qu'avec prudence. Cet auteur a en effet trouvé chez *Dadoxylum zonatum* du Stéphanien de Baden-Baden des anneaux de croissance annuels ; or son observation a été interprétée comme concernant des troncs provenant de régions plus élevées où les conditions de climat auraient pu varier avec les saisons. Par ailleurs, nous ne savons rien d'une flore de montagne au Stéphanien, mais il n'est pas douteux qu'il en ait existé.

A l'Autunien, on trouve ces troncs généralement silicifiés, ainsi que ceux de *Psaronius*, dans les sédiments plus grossiers, partiellement colorés en rouge. Les autres débris végétaux de cet étage se trouvent en partie à l'état de traces charbonneuses, plus rarement à l'état d'empreintes. Lors de l'accumulation occasionnelle en veine de houille, ces restes sont distribués irrégulièrement et se raréfient dans les couches les plus supérieures. Dans le Saxonien, ils sont généralement très rares et conservés souvent seulement en empreintes. Au cours de cette époque et localement, des représentants des Articulatales et des Pteridophyllales se trouvent en nombre relativement grand dans des argillites qui sont de teinte souvent verte à la suite d'une réduction. Ces dépôts sont caractérisés par d'autres fossiles, comme sédiments de lacs temporaires. Par contre, les restes de *Lebachia* existent aussi dans le faciès rouge et semblent plus largement répandus.

Les observations précédentes nous permettent de tirer, avec quelque réserve, les conclusions suivantes concernant le climat du Rotliegenden (Permien inférieur).

1) La similitude de caractère des flores du Carbonifère supérieur et de l'Autunien rend probable que le climat chaud et humide que l'on admet pour le Carbonifère dominait encore pendant l'Autunien.

2) L'appauvrissement de la flore houillère au cours du Rotliegenden jusqu'à son extinction presque complète à la fin de cette époque et l'apparition progressive des représentants des

Gymnospermes peuvent être dus à un phénomène d'évolution ; mais ceci n'exclut pas que l'apparition sporadique des Articulatales et des Pteridophyllales dans quelques oasis du Saxonien puisse être interprétée comme signe d'une aridité progressive.

Ainsi, les Végétaux fossiles de cette époque ne permettent pas une interprétation absolue des conditions climatiques du Saxonien.

B) LA FAUNE. — Parmi la faune, les restes d'*Archegosaurus* et *Branchiosaurus* ne sont pas rares dans l'Autunien. Le mode de vie de ces animaux est lié aux zones marginales, spécialement aux régions marécageuses à eau douce dormante ou courante. La présence de l'eau est également prouvée par des Poissons comme *Acanthodes* et *Palaeoniscus*, par des Lamellibranches, des Crustacés tels les Esthéries, qui tous existent encore au Saxonien. Beaucoup de traces de vie d'une faune, représentée par des formes de taille différente dans le Saxonien, excluent aussi pour cette époque un climat désertique.

C) LES SÉDIMENTS. — Les fossiles mentionnés jusqu'ici caractérisent déjà la plupart des sédiments de l'Autunien comme étant des dépôts lacustres. C'est en particulier le cas des couches de houille qui sont le plus souvent d'origine allochtone. N'étant présentes que dans certaines séries, leur fréquence diminue en s'élevant dans le profil, de sorte que, conformément aux données des fossiles végétaux, on ne les trouve plus dans le Saxonien.

Les bancs calcaires isolés ou situés au voisinage des couches de houille sont le plus souvent aussi des sédiments subaquatiques. Ils sont souvent finement stratifiés par des intercalations de lamelles d'argile. Cette stratification indique un changement du milieu chimique et un changement concomitant de la température. Ces faits s'observent parfois également au Saxonien, dans quelques bassins (p. e. Sarre-Nahe, Lodève) ; les calcaires sont alors souvent dolomitiques ou secondairement silicifiés. Quoiqu'il ne faille pas omettre l'existence d'une forte teneur en Mg dans certains dépôts de l'Autunien, ces constatations peuvent se renouveler à propos des concrétions calcaires irrégulières de cet étage, qui, là aussi, sont liées aux argillites rouges et vertes ; leur genèse (primaire ou secondaire) n'est pas encore connue. Par endroits, ces nodules peuvent former des bancs irréguliers qui ressemblent aux calcaires en miches de pain (Pfannenkalke). Ils semblent être les témoins de zones d'évaporation plus intense, telles que des zones margi-

nales de lacs exposés à des assèchements fréquents.

Il est aussi significatif que, contrairement à ce qui se présente pour les veines de calcaire ou de houille, les concrétions ne sont pas, ou à peine, accompagnées de schistes bitumineux, ces schistes peuvent aussi former indépendamment des séries plus importantes. Pour autant que nous le sachions, ils dominent à l'Autunien ; ils sont l'indice d'une production locale énorme de substance organique et de phénomènes consécutifs de réduction. La teneur en pyrite des argillites noires et des grès gris de l'Autunien prouve que ces phénomènes de réduction sont, dans les argillites, plus fréquents qu'on ne le pensait.

Certaines textures telles que la stratification entrecroisée, la présence de glissements subaquatiques etc... indiquent que ces sédiments ont été déposés dans l'eau dormante ou courante. On peut aussi les trouver dans les sédiments rouges, qui commencent dès le Stéphanien. Les couches rouges apparaissent à plusieurs reprises dans l'Autunien, spécialement à sa base et à son sommet. Elles peuvent même, comme c'est le cas en Allemagne centrale, former la plupart des sédiments du Rotliegenden. Particulièrement là où elles alternent avec des sédiments gris, comme dans l'Autunien, la couleur rouge semble liée aux sédiments fins dans le voisinage des couches à éléments plus grossiers ; ces derniers se distinguent parfois par la fraîcheur de leurs constituants, spécialement des orthoclases, dont la teinte rouge peut également leur donner un aspect légèrement rougeâtre. Cet état de conservation des composants, ainsi que la couleur rouge, ont conduit quelques auteurs à penser que ces sédiments ont été formés sous un climat semi-aride, ceci par opposition aux sédiments gris qui indiquent des conditions humides.

À ce sujet, il faut remarquer ce qui suit : les couches rouges sont les produits d'une altération rouge dans le milieu d'origine sous un climat alternativement humide et chaud ; la roche-mère (granite, calcaire etc.) doit jouer un certain rôle dans l'intensité de la coloration. La conservation de la couleur rouge dans les limites de l'aire de sédimentation indique en première ligne l'absence de phénomènes de décoloration et de réduction dans ce milieu et elle peut aussi, en raison de la structure de ces sédiments (grain grossier, fraîcheur des composants etc.), être due à une sédimentation rapide. Ainsi la coloration, comme les autres caractères de ces couches, n'exige donc pas nécessairement l'existence d'un climat semi-aride à aride, mais ces conditions climatiques seraient plutôt nécessaires pour ex-

pliquer la silicification, en particulier des concrétions calcaires (ci-dessus mentionnées) que l'on observe quelquefois. Dans cet ordre d'idée, il faut tenir compte du fait que parfois, dans la zone marginale d'un bassin, le faciès rouge peut intéresser une série de couches assez épaisse, qui vers le centre du bassin peut se continuer par des sédiments gris, tout en conservant une ou plusieurs couches rouges. Ceci nous conduit à poser la question de savoir si, à l'origine, tous les sédiments de l'Autunien ne se seraient pas déposés rouges et auraient été décolorés par la suite dans le bassin, question qui, sous cet aspect exclusif, appelle, à notre avis, une réponse négative.

La coloration rouge presque continue des sédiments du Saxonien ne peut donc pas être regardée comme un indice certain d'un climat aride ou même désertique, mais en première ligne indique la prédominance de conditions oxydantes.

Certains caractères des sédiments qui sont occasionnels à l'Autunien, deviennent prédominants au Saxonien. Citons l'apparition de conglomérats, le mauvais classement et la fraîcheur des constituants, la silicification et la calcification des sédiments relativement plus grossiers au sein des couches à grain fin. Les bancs silicifiés, souvent très étendus, montrent une surface ondulée et une base encore plus irrégulière. Ils se résolvent quelquefois en nodules isolés qui peuvent former des horizons constants. Il s'agit probablement d'une silicification et d'une calcification superficielles, ou parfois d'une formation dans le niveau souterrain de l'eau. On rencontre, plus souvent dans le Saxonien que dans l'Autunien, des fentes de dessiccation. D'autre part, les indices d'eau courante ne manquent pas ; tels sont la présence de lentilles de conglomérats, avec une disposition en tuiles des galets dans les grès, une stratification entrecroisée, un litage des restes des plantes etc... De plus, on peut, quoique plus rarement, observer des calcaires, des dolomies et des argillites plus ou moins gréseux souvent verts par réduction. D'après leurs fossiles et les traces de vie qu'elles renferment, ils se révèlent comme des dépôts de lacs temporaires ou de flaques peu profondes. Jusqu'à présent, on n'a pas observé d'évaporites, ni de formations de vraies dunes dans le Saxonien.

Tous ces caractères permettent d'admettre avec quelques réserves que, pendant l'Autunien, un climat alternativement humide et chaud, entrecoupé peut-être de quelques périodes sèches,

prédominait encore et que, pendant le Saxonien, ces dernières augmentaient sans pourtant aboutir, sauf à la fin de la période, à un climat désertique (?). Les conditions dans les bassins séparés étaient apparemment différentes, les uns soumis à des conditions plus humides, les autres à des conditions plus sèches, ces dernières spécialement pendant le Saxonien.

Les sédiments montrent partiellement des cycles allant de dépôts grossiers à plus fins. Dès l'Autunien, mais surtout au Saxonien, ils débordent les limites des bassins. Ces phénomènes traduisent des mouvements épirogéniques, qui renforçaient périodiquement le relief toujours émoussé par l'érosion. Nous ne savons pas encore grand chose à ce sujet, mais le relief a dû être rajeuni à plusieurs reprises au cours de l'Autunien et au début du Saxonien ; à la fin du « Rotliegenden », il était presque réduit à l'état d'une pénéplaine en Europe centrale et occidentale. Comme de nos jours, le relief devait avoir, à cette époque, une grande importance pour les conditions du climat dans les bassins séparés. A ce sujet, leur altitude, leur position par rapport à la mer et à la direction dominante des vents, jouaient un rôle essentiel.

D) PALÉOMAGNÉTISME. — Malheureusement nous n'avons pas une idée exacte de la distribution des mers et des continents ainsi que des différences d'altitude au Permien inférieur. Cette

distribution varie selon les discussions sur la théorie des translations des continents de Wegener. Les recherches paléomagnétiques les plus récentes, en confirmant les déplacements des pôles qui en résulteraient (selon lesquels le pôle Nord pendant le Permien était dans la partie nord du Pacifique), semblent l'appuyer et par conséquent donner un nouvel essor à cette théorie. Elle est aussi utile pour la connaissance des conditions atmosphériques de cette époque et particulièrement du régime des vents dominants ; à l'heure actuelle, on essaie de déduire ce dernier des textures des sédiments éoliens permien. Les résultats de ces recherches permettront de vérifier ceux que donnent les mesures paléomagnétiques, mais ces travaux sont encore trop rares pour pouvoir être utilisés à préciser le climat du « Rotliegenden ».

*
* *

Pour l'instant nous devons nous contenter d'interpréter avec prudence les données fournies par la flore, la faune et les sédiments. Elles semblent, comme nous l'avons dit, indiquer pour l'Autunien un climat alternativement humide et chaud avec quelques périodes sèches intermittentes qui augmentent au Saxonien, sans cependant aboutir à un climat vraiment aride.

Bibliographie.

- BROOKS C. E. P. (1950). — *Climate through the ages*. Londres, E. Benn.
- DOUBINGER J. (1956). — Contribution à l'étude des flores autuno-stéphaniennes. *Mém. Soc. géol. France*, t. XXXV, n° 75.
- FRENTZEN R. (1923). — Beiträge zur Kenntnis der fossilen Flora des südwestlichen Deutschland. *Jahrb. oberrh. geol. Ver.*, N. F., Bd 12.
- GOTHAN W. (1924). — Paläobiologische Betrachtungen über die fossile Pflanzenwelt. Berlin, Gebr. Borntraeger.
- GOTHAN W. et GIMMER O. (1930). — Neuere Beobachtungen und Betrachtungen über die Flora des Rotliegenden in Thüringen. *Arb. Inst. Paläobot., preuss-geol. Landesanst.*, H. 1.
- MÄGDEFRAU K. (1953). — *Paläobiologie der Pflanzen*. Stuttgart, G. Fischer Verl.
- NAIRN A. E. M. (1961). — *Descriptive palaeoclimatology*. New York, Intern. Publ. Inc.
- POTONIÉ H. (1907). — *Die Entstehung der Steinkohle und verwandter Bildungen, einschl. des Petroleums*. Berlin, Gebr. Borntraeger.
- REMY W. et REMY R. (1959). — *Pflanzenfossilien*. Berlin, Akademie Verlag.
- SCHWARZBACH M. (1961). — *Das Klima der Vorzeit*. Stuttgart, Ferdinand Enke Verl.
- WEGENER A. (1936). — *Die Entstehung der Kontinente und Ozeane*. Braunschweig, Friedrich Vieweg et Sohn.

Lyticoceras corroyi nov. sp. de l'Hauterivien niçois

par Gérard THOMEL *.

PLANCHE XV.

Sommaire. — Le Crétacé inférieur des environs de Nice est remarquable par sa très faible épaisseur et par les lacunes qui affectent de façon constante certains étages (Valanginien et Aptien), cependant que les zones d'Ammonites de l'Hauterivien, du Barrémien et de l'Albien sont elles-mêmes très diversement représentées. L'Hauterivien du Rayet, près de Falicon, assez riche en fossiles, m'a fourni une Ammonite nouvelle (*Lyticoceras corroyi*) voisine de *L. amblygonius* NEUM. et UHLIG de l'Hauterivien du Hils.

Parmi les nombreux affleurements néocomiens de la région niçoise, certains ont plus particulièrement retenu l'attention des géologues par leur faciès minéralogique spécial : je veux parler des *calcaires oolithiques à faune hauterivienne* signalés depuis longtemps par Perez [1846] dans « le néocomien de Nice », puis par de Riaz [1900], qui fournit des renseignements beaucoup plus détaillés sur les gisements à oolites du Crétacé inférieur de Gairaut et du vallon de Saint-Laurent (près de la Turbie) ; enfin, plus récemment, Déverin [1923] a étudié ce curieux faciès du point de vue pétrographique.

L'objet de cette note est essentiellement la description d'une nouvelle espèce d'Ammonite appartenant au genre *Lyticoceras*¹, bien représenté en Allemagne mais rare dans le Sud-Est de la France, et récoltée en compagnie d'autres fossiles hauteriviens dans le banc oolithique du Rayet, à proximité de Falicon, sur les pentes occidentales du mont Chauve d'Aspremont ; cependant, par sa partie stratigraphique, elle constitue le premier exposé d'une révision générale du Crétacé inférieur (et plus particulièrement de l'Albien) des environs de Nice.

Stratigraphie.

Au NW du village de Falicon, les calcaires jurassiques qui forment la crête de Craus, terminaison occidentale du mont Chauve d'Aspremont, sont localement recouverts par des calcaires jaunâtres, oolithiques et glauconieux, signalés par de Riaz [1900] « dans le vallon de Rayet » puis étudiés par Deverin [1923] « à quelque 100 m derrière le château du Rayet, au pied du mont Chauve d'Aspremont ».

Il est possible d'observer un certain nombre de coupes plus ou moins complètes du Crétacé inférieur, dans le petit vallon compris entre la crête de Craus et le mont Chauve d'Aspremont, immédiatement au N du Rayet (fig. 1).

A) En se dirigeant du Nord au Sud, la première coupe rencontrée est située sensiblement à l'altitude de 650 m.

1) CALCAIRES BLANCS renfermant quelques Nérinées et remplis de moules internes et de sections de Lamelli-branches : c'est le « banc à sections lunaires » [Kilian et Guébbard, 1902], assez constant au sommet des calcaires blancs jurassiques de la région, et qui est probablement d'âge berriasien. Le dernier banc, corrodé, est couvert d'un enduit ferrugineux.

2) CALCAIRE BEIGE, sublithographique, rempli d'oolithes brunâtres ; ce banc — dont l'épaisseur peut être estimée en ce point à 50 cm — est de patine très claire ; les fossiles sont abondants mais leur conservation est le plus souvent très médiocre, la plupart des coquilles ayant été brisées *avant la fossilisation*. La partie supérieure de ce banc, riche en Ammonites de grande taille, est moutonnée et indurée ; sa surface présente de légères

* Laboratoire de Géologie, Fac. des Sc. de Marseille. Note présentée le 6 novembre 1961.

1. J'ai communiqué cet échantillon à M. Collignon qui a bien voulu — avec son obligeance coutumière — me donner son avis sur cette espèce nouvelle.

traces de corrosion. J'ai récolté à ce niveau la faune hauterivienne suivante : *Hibolites jaculum* PHILL., *Hibolites* sp., *Nautilus neocomiensis* D'ORB., *Lytoceras subfimbriatum* D'ORB., *Acanthodiscus radiatus* BRUG., *Spitidiscus* sp., *Lyticoceras corroyi* nov. sp., *Solarium* cf. *granosum* D'ORB.

3) CALCAIRE MARNO-GLAUCONIEUX, de patine ocre, sans oolithes (40 cm).

4) MARNES BLEUTÉES, avec bancs de calcaire marneux ; ce niveau (épais de 10 m) est en grande partie masqué par la végétation ; il se termine par un banc de calcaire marneux de teinte crème, épais de 40 cm, corrodé en surface ; la partie supérieure des marnes est riche en fossiles hauteriviens : *Duvalia dilatata* BL., *Hibolites subfusiformis* RASP., *H. jaculum* PHILL., *Rhynchonella multiformis* ROEM. var. *castellanensis* JACOB et FALLOT, *Terebratula moutoniana* D'ORB., *Toxaster retusus* LMK.

5) MARNE GLAUCONIEUSE ET FERRUGINEUSE (20 cm) à *Duvalia dilatata* BL., *Hibolites* sp., *Eodesmoceras* sp. et *Rhynchonella moutoniana* D'ORB. Ces espèces hauteriviennes et barrémiennes sont remaniées. J'ai récolté également à ce niveau *Neohibolites semicanaliculatus* BL. de l'Albien.

6) CALCAIRE DUR, TRÈS GLAUCONIEUX, riche en *Neohibolites semicanaliculatus* BL. Ce banc, épais de 1,80 m environ, se termine par un hard ground avec pistes, rognons ferrugineux et glauconieux, débris de fossiles et enduit ferrugineux ; par analogie avec ce que l'on connaît du Crétacé inférieur de la région [Goguel, 1944], il est logique de lui attribuer un âge albien.

La sédimentation, franchement néritique, est interrompue à plusieurs reprises ; la faune, assez variée, est cependant insuffisante pour permettre de dater avec précision tous les niveaux : si le Berriasien est certainement représenté, au moins partiellement, au sommet des calcaires blancs (autrefois rapportés dans leur ensemble au Jurassique), le Valanginien *str. s. fait défaut* ; il correspond au hard ground avec enduit ferrugineux qui termine les calcaires blancs. Le banc à oolithes ferrugineuses est bien daté par sa faune hauterivienne ; sa surface, indurée, est l'indice d'un nouvel arrêt de la sédimentation. Les marnes et calcaires marneux à *Duvalia* correspondent à la partie supérieure de l'Hauterivien dont le dernier banc est corrodé ; cette troisième interruption de la sédimentation, très importante, est marquée par les lacunes du Barrémien et de l'Ap-tien². L'Albien lui-même est incomplet ; son épaisseur n'excède pas 2 m et il se termine par une quatrième surface perforée et ferruginisée.

B) Après une interruption de 200 m environ (végétation), le placage de Crétacé inférieur réapparaît au Sud ; l'épaisseur de la coupe visible est beaucoup plus faible et j'ai simplement noté la succession suivante :

1) CALCAIRES BLANCS avec hard ground et enduit ferrugineux au toit.

2) CALCAIRE BEIGE, sublithographique, légèrement marneux, oolithique, à fossiles très mal conservés : *Hibolites* sp., *Nautilus* sp., *Phylloceras* sp., *Lytoceras subfimbriatum* D'ORB., *Leopoldia* sp., *Dichotomites* sp.

3) CALCAIRE GLAUCONIEUX.

4) MARNES À BÉLEMNITES (*Duvalia* sp., *Hibolites jaculum* PHILL., *H. subfusiformis* RASP.) rapidement masquées par la végétation.

Les termes visibles de cette série correspondent absolument à la coupe précédente, avec toutefois une réduction d'épaisseur des calcaires oolithiques hauteriviens.

C) Le Néocomien réapparaît une dernière fois en descendant vers le Rayet, sensiblement à l'altitude de 500 m.

1) CALCAIRES BLANCS, corrodés au sommet.

2) CALCAIRES MARNEUX, gris clair ou beige, durs, légèrement ferrugineux et glauconieux, de patine ocre ou grise, à fossiles très rares (Bélemnites indéterminables). L'épaisseur de ce niveau est difficile à apprécier, mais elle n'excède pas quelques mètres ; le dernier banc, rempli de pistes ramifiées, se termine par un hard ground très net.

3) MARNE CALCAREO-GLAUCONIEUSE (80 cm) avec Bélemnites et Ammonites barrémiennes remaniées : *Hibolites* sp., *Nicklesia* sp., *Barremites* sp.

4) BANC CALCAIRE, TRÈS GLAUCONIEUX ET TRÈS DUR (40 cm) à *Neohibolites semicanaliculatus* BL. ; le toit de ce banc est corrodé et ferruginisé.

Par rapport aux précédentes cette coupe est caractérisée par l'absence de l'oolithe ferrugineuse hauterivienne ; le Berriasien est surmonté directement par un calcaire marneux, induré, que l'on peut assimiler aux marnes et calcaires marneux à *Duvalia* de la coupe A.

Après avoir étudié ces trois affleurements, il est possible d'établir une coupe type du Crétacé inférieur du Rayet, que nous comparerons ensuite à quelques gisements — parmi les mieux connus — de la région niçoise.

— Les calcaires blancs (Jurassique supérieur-Berriasien) qui constituent la crête de Craus sont corrodés et ferruginisés en surface.

— Le Valanginien *str. s. fait défaut*.

— L'Hauterivien ne comprend pas les mêmes termes suivant la coupe considérée : au Nord, il débute par une mince assise oolithique très fossilifère dont l'épaisseur se réduit vers le Sud et

2. En fait, des sédiments barrémiens se sont probablement déposés, mais ils ont été détruits postérieurement ; on retrouve d'ailleurs dans les marnes glauconieuses à *Neohibolites semicanaliculatus* BL. des fossiles barrémiens nettement remaniés.

qui disparaît avant d'arriver au Rayet; les marnes et calcaires marneux à Bélemnites et Brachiopodes, bien développées au Nord (10 m), sont plus calcaires et présentent des traces profondes de remaniements au Sud.

— L'existence du Barrémien en place est très hypothétique : les marnes glauconieuses à *Hibolites* sp., *Nicklesia* sp., *Barremites* sp., que l'on retrouve uniformément sur le flanc oriental de la crête de Craus, sont très probablement

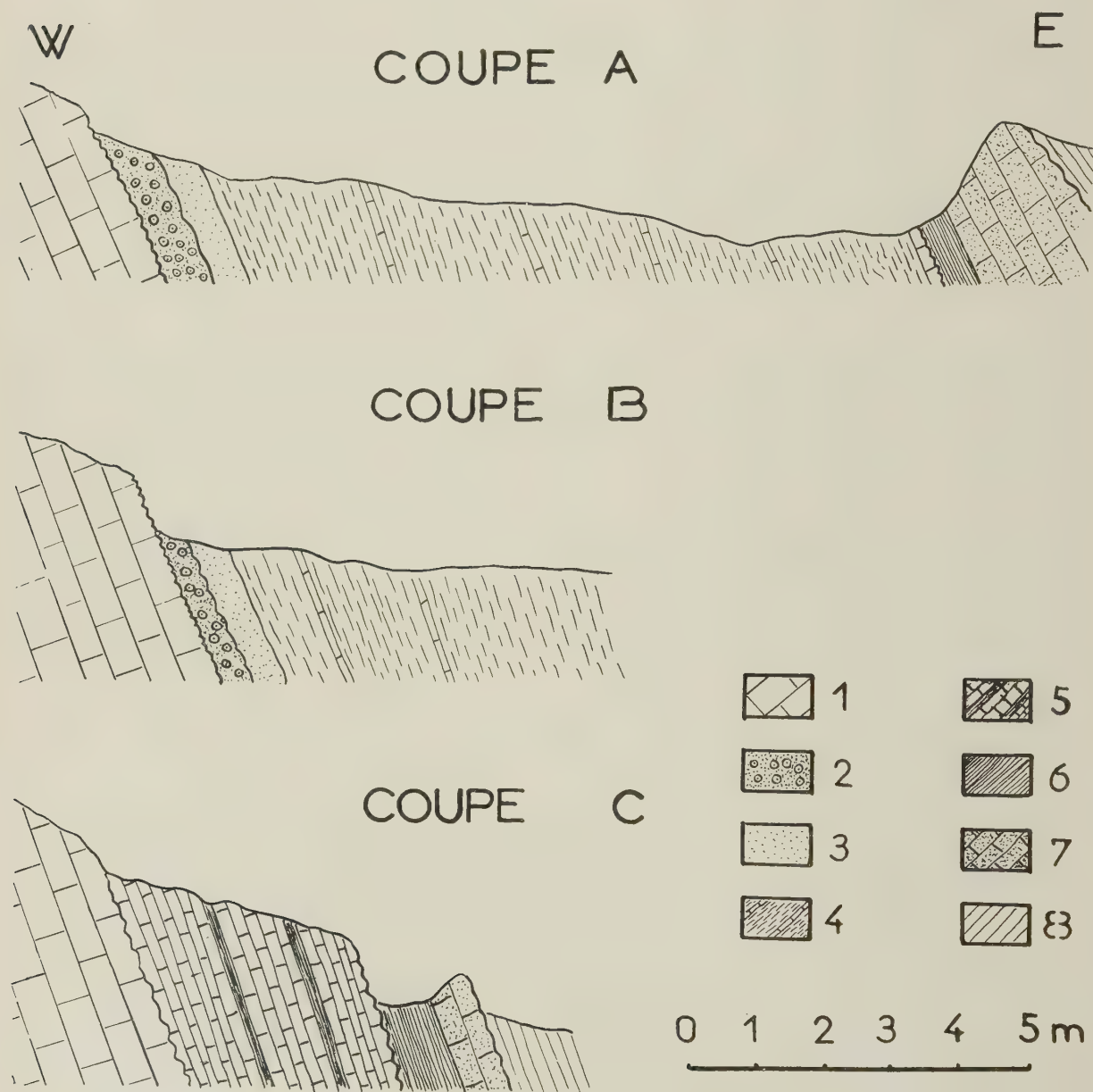


FIG. 1. — Coupes du Crétacé inférieur entre la crête de Craus et le mont Chauve d'Aspremont.

1 : JURASSIQUE SUPÉRIEUR-BERRIASIEN, Calcaires clairs, massifs. — 2 à 5 : HAUTERIVIEN. (2 : calcaire oolithique très fossilifère ; 3 : calcaire glauconieux ; 4 et 5 : marnes et calcaire marneux à Bélemnites et Brachiopodes). — 6 et 7 : BARRÉMIEN (?) - ALBIEN. (6 : marne glauconieuse à faune barrémienne remaniée ; 7 : calcaire glauconieux à *Neohibolites semicanaliculatus* BL.). — 8 : CÉNOMANIEN. Marnes bleutées, légèrement gréseuses.

albiennes, la faune barrémienne que l'on peut récolter à ce niveau étant indiscutablement remaniée.

— L'Aptien n'existe pas, de même que dans toute la région niçoise.

— L'Albien, très incomplet, est représenté par les calcaires glauconieux à *Neohibolites semicanaliculatus* BL. plus épais au Nord (2 m) qu'au Sud (40 cm).

Les affleurements de Crétacé inférieur sont nombreux dans les environs de Nice, mais si la plupart des gisements ont fait jadis l'objet d'assez nombreuses communications, la seule révision récente mais partielle est celle de J. Goguel [1944] ; cet auteur a fait remarquer à quel point les faciès varient rapidement d'un gisement à l'autre, de telle sorte qu'il est impossible d'établir une coupe lithologique générale du Néocomien niçois ; cependant, la faune généralement assez abondante nous permettra de dresser un rapide parallèle entre les principaux gisements :

— A Saint-Laurent de l'Escarène [Potier, 1877 ; Kilian et Reboul, 1907 ; Thomel, 1961], la coupe présente certaines analogies avec celle du Rayet : les calcaires blancs se terminent par un hard ground ; l'Hauterivien est bien développé mais le niveau de base oolithique du mont Chauve fait défaut ; le Barrémien est également très remanié ; par contre l'Albien est beaucoup plus épais à Saint-Laurent que sur les flancs du mont Chauve.

— A Tourrette-Levens [Pottier 1877 ; de Riaz 1900 ; Goguel 1944] le Néocomien du quartier des Moulins — Plan de Revel, très peu épais, est riche en fossiles, principalement barrémiens ; je renvoie à la coupe donnée par J. Goguel, mais j'aurai bientôt l'occasion de revenir sur la stratigraphie détaillée de ce gisement. De même qu'à Saint-Laurent-de-l'Escarène le niveau oolithique hauterivien n'existe pas ; le Barrémien, très fossilifère, est représenté par un calcaire glauconieux riche en *Barremites* et *Pulchellia* ; l'Albien, également glauconieux, est mal caractérisé aux Moulins, mais dans le vallon du Rio Sec, sous le village de Tourrette-Levens, j'ai récolté au-dessus des marno-calcaires glauconieux barrémiens à *Barremites charrieri* D'ORB., dans un calcaire gris, dur, très glauconieux : *Lyelliceras lyelli* (LEYM.) et de très abondants *Inoceramus concentricus* PARK., c'est-à-dire une faune caractéristique de l'Albien moyen (Oxytropidocératien).

— A Peille [Breistroffer et de Villoutreys,

1953], les calcaires blancs qui forment la cime des Cabanelles sont corrodés et ferruginisés en surface ; j'ai remarqué, en place dans la roche, un exemplaire de *Natica leviathan* PICT. du Berriasien. Puis vient une mince assise (2 m au maximum) glauconieuse, très dure, pétrie de fossiles albiens. Ainsi, de tout le Crétacé inférieur, seul l'Albien (d'ailleurs incomplet puisque limité à l'Éo-Albien-Méso-Albien et au Vraconien supérieur) serait représenté sur les calcaires berriasiens à *Natica leviathan*. Toutefois, j'ai observé, tout à fait à la base des couches glauconieuses, un niveau très mince riche en petits galets et en *Toxaster* sp. qui pourrait représenter l'Hauterivien, presque totalement détruit ultérieurement à son dépôt.

Nous pourrions ainsi multiplier les exemples : tel n'est point le but de ce travail. Nous insisterons simplement sur l'épaisseur généralement très faible du Néocomien, parfois réduit à un simple placage glauconieux (Peille). Certains étages font défaut d'une façon constante : il s'agit du Valanginien str. s. et de l'Aptien ; le Barrémien n'est le plus souvent représenté que par un mince niveau à fossiles remaniés (le Rayet, Saint-Laurent-de-l'Escarène) ; parfois il fait totalement défaut (Peille) ; l'Albien lui-même est incomplet : seuls l'Albien moyen et surtout le Vraconien sont représentés d'une façon assez constante. En outre, ainsi que l'a fait remarquer J. Goguel [1944], les variations de faciès sont très rapides et il est difficile d'établir des corrélations stratigraphiques précises entre des gisements souvent très voisins.

Enfin le niveau oolithique du Rayet ne se retrouve pas à Tourrette-Levens, Saint-Laurent-de-l'Escarène ou Peille ; on connaît cependant, à la suite des travaux de de Riaz [1900] et Déverin [1923], un certain nombre d'autres gisements à oolithes ferrugineuses et à faune hauterivienne : on peut citer notamment le vallon de Saint-Laurent, sous la Turbie, le sentier de Monti à Castellar, au N de Menton, la cluse de l'Escarène etc... Déverin, qui a étudié ce faciès particulier du Néocomien, signale que « les oolithes ont été formées, fragmentées et roulées avant leur mise en place ». Ce niveau est généralement très fugace : à Monti, Déverin signale que les calcaires oolithiques et ferrugineux qui surmontent le Jurassique disparaissent en quelques mètres ; au Rayet, où il affleure plus largement, ce banc est très riche en Ammonites malheureusement très difficiles à extraire d'une gangue particulièrement encroûtante.

Paléontologie.

Lyticoceras corroyi nov. sp.

Planche XV et texte-fig. 2.

Diamètre total.....	0,140	
Hauteur du dernier tour.....	0,049	(0,35)
Épaisseur du dernier tour.....	0,043	(0,31)
Diamètre de l'ombilic.....	0,051	(0,36)

DESCRIPTION. — Ammonite de grande taille, à flancs plats un peu obliques vers l'extérieur, à région externe légèrement arrondie, subtabulée, ce qui confère à la section une forme subrectangulaire. Ombilic large à parois verticales élevées découvrant largement les tours internes.

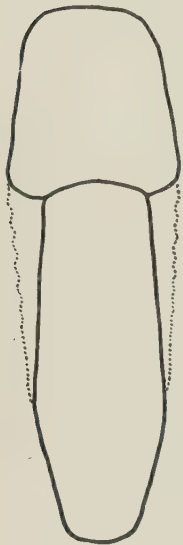


FIG. 2. — *Lyticoceras corroyi* nov. sp. Section au diamètre de 140 mm.

Ornementation de fortes côtes de deux sortes : les unes naissent par deux de tubercules ombilicaux mousses peu accentués mais légèrement tor-dus, offrant alors une sorte de concavité tournée vers l'avant ; elles se séparent très vite soit immédiatement, soit à une petite distance des tubercules ombilicaux ; ultérieurement elles présentent un deuxième point de dichotomie affectant soit les côtes antérieures, soit les côtes postérieures, rarement les deux ; elles se projettent nettement

en avant et s'effacent à la périphérie sans traverser la région externe qui reste lisse. Les autres, plus rares, naissent isolément du tuber-

cule ombilical qui est alors moins saillant et parfois inexistant ; elles ont le même parcours que les précédentes et se divisent dans les mêmes conditions. Toutes sont légèrement flexueuses. Les intervalles entre les côtes sont profonds. A 30-32 côtes ombilicales correspondent environ 85 côtes à la périphérie.

Cloisons invisibles.

RAPPORTS ET DIFFÉRENCES. — L'ornementation assez irrégulière de cette Ammonite la rapproche du genre *Polyptychites* mais ici les côtes s'affaissent sans franchir la région externe, caractère essentiel de *Neocomitinae*, tandis que chez les *Polyptychinae* toutes les côtes sans exception se renforcent sur la région externe qu'elles traversent plus ou moins radialement.

En définitive, c'est avec *Lyticoceras amblygonius* NEUM. et UHLIG [1881] que cette Ammonite offre le plus d'analogies et elle doit être rangée dans le même groupe que toutes ces grandes formes du Hils, rares en France, décrites par Neumayr et Uhlig. Comme *Lyticoceras amblygonius* la nouvelle espèce des Alpes-Maritimes est ornée de côtes se subdivisant à quelque distance de l'ombilic, puis plus haut, au voisinage de la périphérie ; mais ici elles sont irrégulières, il y a des côtes fortes et des côtes basses, des tubercules ombilicaux beaucoup plus saillants en général et surtout plus irréguliers, et, depuis le plus jeune stade observable, il n'y a pas de tubercules externes. Nous avons donc affaire à une nouvelle espèce, voisine de *Lyticoceras amblygonius* mais se distinguant de l'espèce de Neumayr et Uhlig par son ornementation.

Lyticoceras corroyi a été récolté à la base des couches hauteriviennes, au quartier du Rayet, près de Falicon (Alpes-Maritimes).

Ouvrages cités.

- BREISTROFFER M. et VILLOUTREYS O. DE (1953). — Les Ammonites albiennes de Peille (Alpes-Maritimes). *Trav. Lab. Géol. Univ. Grenoble*, t. XXX, p. 69.
- DÉVERIN L. (1923). — Étude lithologique des roches crétacées des Alpes-Maritimes. *Bull. Serv. Carte géol. France*, t. XXVI, n° 150, p. 33.
- GOGUEL J. (1944). — Contribution à l'étude paléogéographique du Crétacé inférieur dans le Sud-Est de la France. *Ibid.*, t. XLIV, n° 215, p. 23.
- KILIAN W. et GUEBHARD A. (1902). — Étude paléontologique et stratigraphique du système jurassique dans les Préalpes maritimes. *B. S. G. F.*, (4), 11, p. 812-814.

- NEUMAYR M. et UHLIG V.. (1881). — Ueber Ammonitiden aus den Hilsbildungen Norddeutschlands. *Palaeontogr.*, Bd XXVII, p. 40, pl. XXXVI, fig. 1 *a-d*, 2 *a-b*; pl. XXXVII, fig. 1; pl. XXXIX, fig. 1; pl. XL, fig. 2; pl. XLIII, fig. 2.
- PEREZ (1846). — Atti delle ottava riunione degli Scienziati italiani. Gênes.
- POTIER A. (1877). — Compte rendu de la course de l'Escarène et du col de Braus. Réunion extraordinaire à Fréjus et à Nice. *B. S. G. F.*, (3), V, p. 810.
- RIAZ A. DE (1900). — Nouvelles observations sur le système crétacé dans les Alpes-Maritimes. *Ibid.*, (3), XXVIII, p. 764-765.
- THOMEL G. (1961). — Sur la présence du genre *Schloenbachia* dans le Vraconien supérieur de Saint-Laurent-de-l'Escarène (Alpes-Maritimes). *C. R. somm. S. G. F.*, p. 37.

LÉGENDE DE LA PLANCHE XV.

Lyticoceras corroyi nov. sp. Hauterivien inférieur du Rayet près de Falicon (Alpes-Maritimes). $\times 1$.

Trilobites dévoniens de la partie occidentale de la zone axiale pyrénéenne

par Raymond MIROUSE et Jean PILLET *.

PLANCHE XVI.

Sommaire. — Dans la partie occidentale de la zone axiale des Pyrénées, le Dévonien débute par une série essentiellement détritique, formée de pélites, de grès et, accessoirement, de calcaires. Cette série est connue au voisinage des cols d'Aubisque, de Soulor et du Pourtalet. Elle y était attribuée au Coblentzien. L'étude de quelques Trilobites qui en proviennent est donnée dans cet article : elle a indiqué la présence de représentants des genres *Phacops* EMMERICH, *Odontochile* HAWLE et CORDA, *Asteropyge* HAWLE et CORDA. Aucune des formes reconnues n'est vraiment éodévoniennne, et celles-ci caractérisent plutôt la base du Dévonien moyen : on doit donc envisager de modifier, dans le sens d'un rajeunissement partiel, l'âge jusqu'alors attribué aux formations qui les renferment.

Stratigraphie

par R. MIROUSE.

Dans la partie de la zone primaire axiale des Pyrénées s'étendant, en territoire français, à l'W de la vallée du gave de Pau, le système dévonien est représenté à sa base par des formations essentiellement détritiques. Grès et pélites à débit schisteux y sont groupés en une série de quelque 400 m de puissance ; à la partie supérieure de cet ensemble viennent fréquemment de minces intercalations calcaires. Après les recherches désormais classiques qui leur furent consacrées par A. Bresson, ces formations détritiques furent attribuées au Dévonien inférieur, et plus précisément au « Coblentzien ». Cette attribution était basée sur la connaissance de faunes découvertes par Bourjot, de Mercey, Oehlert, dans la région de Laruns et du col d'Aubisque [Bresson, 1903].

Au-dessus de ce Coblentzien Bresson situait la formation des calcaires à Polypiers, que des faunes, connues dans la haute vallée du gave de Brousset, permettaient selon lui d'attribuer à l'Eifélien, le Givétien demeurant mal caractérisé. Au Dévonien supérieur étaient rapportés des calcaires et calcschistes à Goniatites ou Brachiopodes, ainsi que les formations de calcaires griottes. Ces conceptions furent exposées dans la notice explicative des feuilles de Luz, Tarbes

et Urdos de la carte géologique détaillée de la France au 80 000^e.

Les travaux consacrés, ultérieurement, par M. Dalloni [1910] puis par H. Schmidt [1931], à l'étude du Paléozoïque de la province de Huesca, en Aragon, conduisirent ces auteurs à des conclusions schématiquement analogues, à ceci près qu'il était établi que le dépôt des formations détritiques de schistes et grauwasques y était caractéristique non seulement du Dévonien inférieur mais encore, localement, de la base du Dévonien moyen.

L'étude, actuellement entreprise par l'un de nous, des terrains dévoniens de la partie occidentale de la zone axiale dans les Pyrénées françaises conduit à modifier sur certains points, à préciser sur d'autres, le schéma stratigraphique établi par Bresson. Il ne sera question dans ce bref exposé que du problème particulier posé par la connaissance de quelques restes de Trilobites dévoniens et par l'âge des formations qui les renferment.

Au point de vue lithologique, ces faunules se trouvent dans des pélites calcaréo-gréseuses,

* Note présentée à la séance du 6 novembre 1961.

riches en limonite, superficiellement décalcifiées en grauwackes. Dans ces formations s'intercalent, de façon irrégulière, des niveaux peu épais de calcaires à grain fin, gris bleuté, à patine ocre, riches en débris organiques variés (fragments de Crinoïdes, de Brachiopodes, de Bryozoaires et de Tentaculites).

Les gisements, qui nous ont fourni les quelques espèces ici décrites, se localisent comme indiqué ci-dessous.

— Les gisements du col d'Aubisque se trouvent au N de ce passage et dans les contreforts orientaux du Soum de Grum. Le premier d'entre eux se situe à proximité immédiate (au Nord) de l'hôtel du col : il ne nous a encore rien fourni de spécifiquement déterminable. Un autre gisement peut être atteint en empruntant le sentier joignant le col d'Aubisque au col de Louvie : il se trouve à 600 m environ à l'ESE du Soum de Grum. Ce gisement a fourni plusieurs médiocres exemplaires de *Phacops aff. fecundus degener* BARRANDE.

— Le gisement du col de Soulor est situé 800 m au NNE de ce col, à proximité immédiate de la cote 1656, dans l'abrupt qui longe ce sommet sur son revers occidental. Il a fourni *Phacops fecundus degener* BARRANDE (plusieurs exemplaires incomplets) ainsi que *Asteropyge punctata* STEININGER.

— Le gisement d'Aneu se trouve à la cote 2202, au NNE du col de Bious, col qui permet le passage entre la haute vallée du gave de Bious et les pâturages d'Aneu (haute vallée du gave de

Brousset). Ce gisement nous a fourni plusieurs restes fragmentaires de *Phacops fecundus degener* BARRANDE. Non loin de là se situe le gisement de la *jalaise Peyreget*, 600 m au SW du lac portant ce nom, au pied d'une arête calcaire qui descend, SE-NW, en direction de la vallée du gave de Bious. Ce gisement a fourni un céphalon de *Phacops aff. angusticeps* GIEBEL.

— Quelques-uns des Trilobites ici décrits ont été recueillis en Espagne, au lieu dit Laderas de Yanel, 1 500 m au S de Panticosa, sur le sentier qui conduit de cette localité au Mautilar. Ce gisement de Panticosa a fourni plusieurs pygidia de *Odontochile hausmanni* BRONGNIART et quelques céphalons de *Phacops aff. fecundus degener* BARRANDE.

Il est enfin, dans la description qui va suivre, question de plusieurs formes, spécifiquement indéterminables, provenant des gisements d'Artalens ou du pic de Nerbiou. Il s'agit là d'exemplaires provenant de la collection Bresson, conservée au laboratoire de Géologie de la Faculté des Sciences de Toulouse. Aucune indication complémentaire quant à la localisation exacte de leur gisement n'accompagne ces échantillons, ni n'a été mentionnée dans le travail de Bresson [1903, p. 49].

En ce qui concerne les faunes de Trilobites, les seuls noms cités par ce dernier auteur, dans les formations de schistes de la « bande du col d'Aubisque », sont ceux de *Phacops aff. potieri* BAYLE et de *Cryphaeus sp.* A notre connaissance, aucune description n'en a encore été donnée.

Paléontologie

par J. PILLET.

ORDRE *Phacopida* SALTER 1864.

SOUS-ORDRE *Phacopina* STRUVE 1959.

SUPER-FAMILLE *Phacopacea* HAWLE et CORDA 1847.

FAMILLE *Phacopidae* HAWLE et CORDA 1847.

SOUS-FAMILLE *Phacopinae* HAWLE et CORDA 1847.

Genre *Phacops* EMMRICH 1839.

La tendance générale est de considérer maintenant le « genre *Phacops* » avec un sens restreint, et d'élever les groupes autrefois considérés comme les sous-genres de *Phacops* (tels *Cryphops*, *Dianops*, *Nephranops*, *Reedops*, etc.) comme des genres autonomes. Une telle conception

est adoptée dans le « Treatise on invertebrate paleontology » [Struve, 1959]. Elle est logique non seulement devant la multiplication des espèces, mais aussi en raison de considérations phylogéniques. C'est celle que nous adoptons ici. Toutefois, le « genre » *Reedops* RICHTER 1925 est étroitement associé à *Phacops* et devrait sans doute être considéré comme un sous-genre de celui-ci.

Selon cette conception, la sous-famille des *Phacopinae* prend à peu près la valeur que l'on attribuait au genre *Phacops* (à l'exception du genre *Bouleia* KOZŁOWSKI 1923, pris par Hupé en 1955 comme type de la sous-famille des *Bouleiinae*), et le genre *Phacops* EMMRICH 1839, celle de l'ancien sous-genre *Phacops* (*Phacops*) *str. s.*

Phacops fecundus degener BARRANDE 1846.

Pl. XVI, fig. 1 à 3.

1958. *Phacops* (*Phacops*) *fecundus degener* BARR. in Cavet et Pillet [p. 29, pl. III, fig. 1, 1 a, 1 b ; texte-fig. 2 B (synonymie)].

MATÉRIEL. — Le matériel étudié, de conservation dans l'ensemble médiocre, et ayant, le plus souvent, subi une déformation importante, non seulement ne permet pas une nouvelle étude de cette espèce cosmopolite, mais présente de sérieuses difficultés de détermination. Seuls quelques spécimens permettent de reconnaître les principaux caractères de l'espèce.

— Col de Soulor : un très bon céphalon complet (Pl. XVI, fig. 1), empreinte et contre-empreinte, permet de reconnaître l'espèce sans ambiguïté. Les autres échantillons provenant de ce même gisement, à savoir une librigène, une contre-empreinte d'un très grand pygidium et deux très petits pygidia ne sont rapportés à l'espèce que par analogie.

— Crête 2202, NW d'Aneu : la contre-empreinte d'un hémicéphalon un peu aplati (Pl. XVI, fig. 2) appartient aussi à la même espèce. Il en est de même de la contre-empreinte d'une librigène qui montre bien la surface visuelle, et d'un céphalon écrasé. Un pygidium très laminé n'est pas vraiment déterminable.

Les autres gisements ont fourni des fragments de *Phacops* qui appartiennent peut-être à cette forme, mais sans certitude, en raison de leur conservation insuffisante :

— Panticosa (Espagne) : trois céphalons très aplatis dans des schistes calcaires décalcifiés, et un thorax isolé.

— ESE du Soum de Grum : un bloc contient un individu entier auquel manque le céphalon, et un pygidium ; un autre montre une contre-empreinte de pygidium. Les spécimens sont relativement peu déformés et assez bien conservés, mais l'absence complète de céphalon ne permet pas d'affirmer la détermination.

— Pic de Nerbiou : deux individus très écrasés sont absolument indéterminables.

— Artalens : deux fragments de céphalons et trois fragments de pygidia. Les exemplaires de ce gisement, comme ceux du précédent, sont extrêmement laminés et peu utilisables.

— Col d'Aubisque : un exemplaire enroulé, comprenant le pygidium et le thorax, sans céphalon ; l'absence de celui-ci ne permet pas la détermination.

EXTENSION. — *Phacops fecundus degener* ne semble nulle part apparaître plus tôt que les

couches de passage du Dévonien inférieur au Dévonien moyen. Il est connu en Bohême, dans le Harz, au Maroc, au Zemmour. Il est fréquent dans les calcaires à Polypiers siliceux des Pyrénées orientales.

Phacops aff. angusticeps GIEBEL 1858.

Pl. XVI, fig. 4.

1958. *Phacops aff. angusticeps* GIEBEL in Cavet et Pillet [p. 33, pl. III, fig. 4, 4 a et texte-fig. 4].

MATÉRIEL. Un céphalon entier, provenant du gisement de la falaise Peyreget (Pl. XVI, fig. 4).

Ce spécimen est tout à fait analogue à celui qui a été décrit dans les calcaires à Polypiers siliceux des Pyrénées orientales. Ce n'est qu'avec doute que nous rapprochons les exemplaires pyrénéens de l'espèce de Giebel, qui est très mal connue et ne semble pas avoir été resignalée depuis la description princeps.

* * *

SUPER-FAMILLE *Dalmanitacea* VODGES 1890.

FAMILLE *Dalmanitidae* VODGES 1890.

SOUS-FAMILLE *Dalmanitinae* VODGES 1890.

Genre *Odontochile* HAWLE et CORDA 1847.

Ce genre fut divisé par R. et E. Richter [1931, p. 140] en plusieurs groupes qui constituent plus des hypothèses d'étude que des groupes ayant valeur systématique établie. Néanmoins, leur connaissance facilite considérablement la détermination des diverses espèces d'*Odontochile*. Leurs caractères peuvent se résumer comme suit :

— Groupe de *O. reussi* BARRANDE : pygidium de forme aplatie ; axe pygidial court, n'atteignant pas la bordure, bien plus court que les plèvres ; pointe caudale longue, en forme de sablier ; doublure très large, aplatie, horizontale ; plèvres peu sillonnées.

— Groupe de *O. rugosus* HAWLE et CORDA : pygidium plus convexe ; axe pygidial long, atteignant la bordure, sur le même plan que les plèvres voisines ; pointe caudale étroite ; doublure beaucoup plus étroite ; plèvres fortement sillonnées.

— Groupe de *O. hausmanni* BRONGNIART : caractères dans leur ensemble intermédiaires entre ceux des deux groupes précédents.

Il faut remarquer, d'une part, que ces trois groupes ne sont pas nettement individualisés, de nombreuses formes ayant des caractères intermédiaires et que, d'autre part, les caractères distinctifs sont uniquement basés sur les particu-

larités du pygidium, qui est la partie du corps habituellement la moins significative chez les *Dalmanitinae*. L'étude systématique des céphalons d'*Odontochile* reste à faire et s'annonce difficile dans l'état actuel des connaissances, beaucoup d'espèces n'étant jusqu'ici connues que par leur pygidium.

Odontochile hausmanni (BRONGNIART 1822).

Pl. XVI, fig. 6 à 8.

1822. *Asaphus hausmanni* BRONGNIART [p. 21, pl. II, fig. 3 A, B].
 1846. *Phacops hausmanni* BRONGN. in Burmeister [p. 93].
 1852. *Dalmanites hausmanni* BRONGN. in Barrande [p. 538, pl. 24, fig. 1-12].
 1883. *D. hausmanni* BRONGN. in Gaudry [p. 195, fig. 196].
 1941. *D. hausmanni* BRONGN. in Růžicka [p. 2, 4, 6, 7].
 1950. *Odontochile hausmanni* BRONGN. in Termier [p. 42, pl. CC, fig. 23-25; pl. CCI, fig. 2].
 1953. *Dalmanites hausmanni* BRONGN. in Hupé [p. 72, fig. 26 (7)].
 1955. *Odontochile hausmanni* (BRONGN.) in Hupé (p. 252, fig. 220 (1)).
 1956. *O. hausmanni* (BRONGN.) in Tripp et Whittard [p. 262].
 1959. *O. hausmanni* (BRONGN.) in Struve [p. O. 472, fig. 371 (2); p. O. 64, fig. 48 (L); p. O. 60, fig. 45 (C)].

MATÉRIEL. — 1,5 km S de Panticosa : trois pygidia de très grande taille assez bien conservés.

— Artalens : sur une même plaque, deux pygidia très laminés, qui ne sont rattachés qu'avec doute à cette espèce.

DESCRIPTION. — Pygidium de grande taille, aplati. Axe étroit, portant 18 anneaux ondulés, aplatis, séparés par des intervalles étroits. Cet axe est presque pointu en arrière et atteint presque la bordure. Lobes pleuraux larges, portant 13 côtes pleurales convexes, séparées par des intervalles plus larges qu'elles. Ces côtes sont sillonnées très faiblement. Doublure assez large, concave. Pointe caudale triangulaire, presque aussi large que longue, aiguë. Test non conservé.

DIMENSIONS (restaurées) :

Long. pygidium	65	53	50
Larg. pygidium	85	60	68
Long. axe	53	38	35
Larg. max. axe.....	18	12	14
Long. pointe caudale (à partir de l'extrémité de l'axe)	13	16	
Larg. pointe caudale (à la base).	9	10	

RAPPORTS. — Nos spécimens se distinguent de *O. rugosa* H. et C. par la forme de la pointe caudale et par les plèvres, moins incurvées et non renflées en dehors. De *O. reussi* BARR. par l'axe

plus long et par la pointe caudale nette. De *O. auriculata* DALM. par la forme moins allongée et la pointe caudale plus triangulaire. De *O. cristata* H. et C., par la forme différente des plèvres et l'absence de crête prolongeant l'axe en arrière. De *D. occidentalis* BUREAU par la présence d'une pointe caudale. De *O. chaouiensis* TERMIER par les sillons interpleuraux beaucoup plus larges. De *O. spinifera* BARR. par l'axe plus pointu, la pointe caudale plus large.

EXTENSION. — Cette espèce est citée dans de très nombreux niveaux et il semble bien que beaucoup de ces citations soient sujettes à caution. Les seules citations précises concernent les niveaux de la base du Dévonien moyen (Bohême, Maroc).

SOUS-FAMILLE *Asteropyginae* DELO 1935.

Genre *Asteropyge* HAWLE et CORDA 1847.

Asteropyge punctata (STEININGER 1833).

Pl. XVI, fig. 5.

1833. *Olenus punctatus* STEININGER [p. 356, pl. XXI, fig. 7].
 1835. *Calymene arachnoides* HÖNINGHAUS [pl. C].
 1839. *Olenus arachnoides* HÖN. in Emmrich [p. 55].
 1840. *Pleuracanthus arachnoides* HÖN. in Milne-Edwards et Haime [p. 329].
 1843. *Asaphus arachnoides* HÖN. in Goldfuss [p. 561, pl. V, fig. 3].
 1843. *Phacops arachnoides* HÖN. in Burmeister [p. 115, pl. IV, fig. 7].
 1844. *Pleuracanthus punctatus* STEIN. in Roemer [p. 82].
 1846. *Phacops arachnoides* HÖN. in Burmeister [p. 96, pl. IV, fig. 7].
 1851-1856. *Cryphaeus punctatus* STEIN. in Roemer [p. 610, pl. IX, fig. 14].
 1864. *Phacops punctatus* STEIN. in Salter [pl. I, fig. 17-19].
 1876. *Cryphaeus punctatus* STEIN. in Roemer [pl. XXXI, fig. 4].
 1876. *C. vallecianus* DEWALQUE [p. xxxvi].
 1895. *C. laciniatus* KAYSER [p. 181, pl. IV, fig. 11] (non *Ast. (Rhenops) laciniatus* (ROEMER 1844)).
 1904. *C. cf. arachnoides* HÖN. in Mailleux [pp. 579, 580, 581 (le reste = *Ast. supradevonica* FRECH 1888)].
 1905. *Phacops (Cryphaeus) punctatus* STEIN. in Woodward [pl. 5, fig. 5].
 1908. *P. (Dalmanites) punctatus* STEIN. in Reed [pl. XVII, fig. 28-29].
 1909. *Cryphaeus punctatus* STEIN. in Richter [p. 78, 80].
 1909. *C. punctatus* STEIN. in Gürich [pl. XLIX, fig. 3].
 1914. *C. punctatus* STEIN. in R. et E. Richter [p. 123, pl. I, fig. 6].
 1920. *C. punctatus* STEIN. in R. Richter [p. 36, fig. 4].
 1930. *Asteropyge punctata* STEIN. in R. et E. Richter [p. 35, fig. 4 a, b].
 1938. *A. punctata* STEIN. in Mailleux [p. 14, 29].
 1947. *A. (Asteropyge) punctata* STEIN. in Rodrigues-Mellado et Thadeu [p. 21, pl. IV, fig. 17].

1953. *A. punctata* STEIN. in Hupé [p. 85, fig. 39 (3)].
 1953. *A. (Asteropyge) punctatus* STEIN. in Pillet [pl.-
 texte III, fig. 1].
 1955. *A. punctata* STEIN. in Hupé [p. 255, fig. 222 (1)].
 1958. *A. punctata* (STEIN.) in Struve [pl. 3, fig. 24].
 1959. *A. punctata* (STEIN.) in Struve [p. O. 479, fig. 378,
 379 (9)].

MATÉRIEL. — Une contre-empreinte de pygidium. Col de Soulor.

DESCRIPTION. — Pygidium triangulaire peu convexe. Axe étroit et saillant portant une dizaine d'anneaux séparés par des espaces qui sont larges pour les premiers, et très étroits pour les suivants. Lobes pleuraux portant cinq côtes pleurales du type *supradevonica*. Épine médiane

presque nulle. Les épines latérales sont très fortement divergentes, la cinquième paire étant presque parallèle à l'axe et la première très écartée. Le reste des caractères est très difficilement appréciable sur cet échantillon très déformé.

EXTENSION. — Ce genre est surtout répandu dans le Dévonien moyen et supérieur. Quelques espèces insuffisamment connues sont signalées de l'Éodévonien, mais leur appartenance au genre est douteuse. Les multiples espèces éodévoniennes signalées sous ce nom appartiennent à d'autres genres.

Asteropyge punctata est une espèce de l'Eifélien d'Allemagne, du Portugal et d'Afrique du Nord.

Conclusions

par R. MIROUSE.

Il ressort de cette brève étude qu'aucune des espèces récoltées n'appartient franchement au Dévonien inférieur. Certaines d'entre elles ne sont connues nulle part au-dessous des couches de passage du Dévonien inférieur au Dévonien moyen : ceci est le cas de *Phacops fecundus degener* BARRANDE. D'autres, comme *Asteropyge punctata* (STEIN.) et *Odontochile hausmanni* (BRONGN.), paraissent localisées à la base du Dévonien moyen. Il semble donc, de ce fait, que les formations qui les renferment soient d'âge mésodévonien, et non éodévonien comme cela était admis jusqu'à présent. Ceci est pleinement confirmé par l'étude des faunes compagnes et, en particulier, des Brachiopodes des gisements du col de Soulor et d'Aneu : dans ces gisements, *Paraspirifer cultrijugatus* ROEMER est particulièrement abondant¹.

Il faut ajouter que les couches ainsi datées ne paraissent pas se situer à la partie tout à fait supérieure de l'ensemble des « schistes de la

bande du col d'Aubisque ». Une certaine partie des formations détritiques jusqu'alors attribuées, dans ces régions, au Dévonien inférieur, devra donc être rangée dans le Dévonien moyen. Ces données nouvelles peuvent être rapprochées de celles récemment exposées par J. P. Destombes [1959] quant à l'âge des schistes de Catherviella (Haute-Garonne), schistes datés de l'Eifélien par leur faune de Trilobites.

Cependant une étude détaillée des formations paléozoïques de la zone axiale des Pyrénées montre que ces conclusions ne doivent pas être trop hâtivement généralisées. Il existe bien des points où la formation sus-jacente des « calcaires à Polypiers » débute, effectivement, avec la base du Dévonien moyen : le fait qu'une faune de Trilobites eiféliens ait pu y être récemment décrite [Cavet et Pillet, 1958] le montre parfaitement.

1. La description de ces faunes sera donnée ultérieurement.

Bibliographie.

- BARRANDE J. (1852). — Système silurien du centre de la Bohême. 1^{re} partie : Recherches paléontologiques. I. Crustacés : Trilobites, 935 p., 51 pl. Prague et Paris.
- BRESSON A. (1903). — Études sur les formations anciennes des Hautes et Basses-Pyrénées (haute chaîne). *Bull. Serv. Carte géol. France*, t. XIV, n° 93, p. 45-317, 6 pl., 1 carte.
- (1906). — Feuille d'Urdos. *Ibid.*, t. XVI, C. R. Coll. Camp. 1905, n° 110, p. 385-392, 2 fig.
- BRONGNIART A. et DESMARETS A. G. (1822). — Histoire naturelle des Crustacés fossiles sous les rapports zoologiques et paléontologiques, 154 p., 11 pl. Paris, F. G. Levrault.
- BURMEISTER H. (1843). — Die Organisation der Trilobiten, aus ihren lebenden Verwandten entwickelt; nebst einer systematischen Uebersicht aller zeit herbeschriebenen Arten. 147 p., 6 pl.
- (1846). — The organisation of Trilobites... Trad. anglaise du précédent par BELL et F. FORBES. 136 p., 6 pl.
- CAVET P. (1959). — Le Paléozoïque de la zone axiale des Pyrénées orientales françaises, entre le Rousillon et l'Andorre (Étude stratigraphique et paléontologique). *Bull. Serv. Carte géol. Fr.*, t. LV, n° 254, 216 p., 36 fig., 9 pl., 3 dépl.
- CAVET P. et PILLET J. (1958). — Les Trilobites des calcaires à Polypiers siliceux (Eifelien) du synclinal de Villefranche-de-Conflent (Pyrénées-Orientales). *B. S. G. F.*, (6), VIII, p. 21-37, 1 pl., 2 texte-fig.
- DALLONI M. (1910). — Étude géologique des Pyrénées de l'Aragon. Marseille, Impr. Barlatier, 437 p., 1 carte.
- DESTOMBES J. P. (1959). — Position stratigraphique des schistes à Trilobites de Cathervielle (Haute-Garonne). *Bull. Soc. Ét. scient. Angers*, nouv. sér., t. II, p. 111-113.
- EMMRICH H. F. (1839). — *De Trilobitis. Dissertatio petrefactologica*, 56 p., 1 pl.
- FRECH F. (1888). — Geologie der Umgegend von Haiger bei Dillenburg (Nassau), nebst einem paläontologischen Anhang. *Abh. geol. Spezialkarte Preussen*, Bd 8, H. 3, 36 p., 3 pl.
- GAUDRY A. (1883). — Les enchaînements du monde animal; fossiles primaires. 317 p., 285 fig. Paris, Savy.
- GOLDFUSS A. (1843). — Systematische Uebersicht der Trilobiten und Beschreibung einiger neuen Arten derselben. *Neues Jahrb. f. Min.*, p. 537-567, pl. 4-6.
- GURICH G. (1909). — Leitfossilien. II : Devon. p. 97-199, pl. 29-52.
- HUPÉ P. (1953). — Trilobites. In J. PIVETEAU, *Traité de paléontologie*, t. III, p. 44-246. Paris, Masson et Cie.
- (1953-1955). — Classification des Trilobites. *Ann. Paléont.*, t. XXXIX (1953), p. 6-168; t. XLI (1955), p. 91-325, 247 fig.
- KAYSER E. (1895). — Die Fauna des Dalmanitensandsteins von Kleinlinden bei Geissen.
- MAILLIEUX E. (1904). — Quelques mots sur les Trilobites du Couvinien des environs de Couvin. *Bull. Soc. belge Géol.*, t. 17, p. 579-582.
- (1938). — Le Couvinien de l'Ardenne et ses faunes. *Mém. Mus. r. Hist. nat. Belgique*, n° 83, 57 p., 2 pl.
- MILNE-EDWARDS H. (1840). — Histoire naturelle des Crustacés, comprenant l'anatomie, la physiologie et la classification de ces animaux. In *Suites à Buffon*, vol. 3, 638 p., atlas.
- PILLET J. (1953). — La classification des *Phacopacea* (Trilobites). *B. S. G. F.*, (6), III, p. 817-839, 3 pl.-texte, 3 fig.
- REED F. R. C. (1908). — The devonian faunas of the Northern Shan States. *Pal. Indica*, new ser., vol. II, n° 5, p. 1-183, pl. I-XX.
- RICHTER R. (1909). — Beiträge zur Kenntniss devonischer Trilobiten aus dem rheinischen Schiefergebirge. Vorbericht zu einer Monographie der Trilobiten der Eifel, 96 p.
- (1914). — Aus der Schausammlung. Von unseren Trilobiten. *Ber. senckenb. naturf. Ges.*, Bd 45, p. 49-64, 17 fig.
- (1920). — Von Bau und Leben der Trilobiten. II: Der Aufenthalt auf dem Boden. Der Schutz. Die Ernährung. *Senckenbergiana*, Bd 2, H. 1, p. 23-43.
- RICHTER R. et E. (1930). — Neue Hörner Trilobiten in unserer Schausammlung. *Natur. und Museum*, Bd 60, H. 1, p. 31-45, 10 texte-fig.
- (1931). — Unterlagen zum Fossilium catalogus, Trilobitae V. *Senckenbergiana*, Bd 13, p. 140-146.
- RODRIGUES-MELLADO M. T. et THADEU D. (1947). — Trilobito do Devonici inferior portugues. *Com. Serv. geol. Portugal*, t. XXXVIII, 34 p., 6 pl.
- ROEMER C. F. (1844). — Das rheinische Übergangsgebirge. Eine palaeontologisch-geognostische Darstellung. 96 p., 6 pl.
- (1876-1897). — *Lethaea geognostica* oder Beschreibung und Abbildung der für die Gebirgsformationen bezeichnendsten Versteinerungen. I Theil. *Lethaea palaeozoica*, 1 vol. texte, 62 pl.
- ROEMER F. A. (1851-1856). — Beiträge zur geologischen Kenntniss des nordwestlichen Harzgebirges. *Palaeontographica*.
- RŮŽIČKA R. (1941). — Faunistické seznamy z Barrandienu ze souvrstvig (část II) a ze dvou lokalit z gý vokoli Pražskem. *Vestn. Král. české spol. Nauk, Tř. Mat.-Přir.*, n° XIX, 15 p.
- SALTER W. (1864-1883). — A monograph of british Trilobites. *Palaeontographical Society London*, 224 p., 30 pl.
- SCHMIDT H. (1931). — Das Paläozoikum der spanischen Pyrenäen. *Abh. Ges. Wiss. Göttingen*, Bd III, H. 5, 85 p.
- SOUGY J. (1961). — Les formations paléozoïques du Zemmour noir (Mauritanie septentrionale). Étude stratigraphique, pétrographique et paléontologique. Thèse, 2 vol. texte, 50 pl., 1 vol. coupes et cartes.
- STEININGER J. (1833). — Observations sur les fossiles du calcaire intermédiaire de l'Eifel. *Mém. Soc. géol. France*, Géol., t. I, p. 331-371, pl. 21-23.
- STRUVE W. (1958). — Beiträge zur Kenntniss der *Phacopacea* (Trilobita) 3. *Treveropyge n. g. und Comura (Delocare) n. subg. (Asteropyginae)*. *Senckenbergiana*, Bd 39, H. 3-4, p. 227-234, 2 texte-fig.

- STRUVE (1959). — *Phacopina*. In R. C. MOORE, Treatise on invertebrate paleontology, part O. Arthropoda 1, p. 461-495. Lawrence, Univ. of Kansas Press.
- TERMIER H. et G. (1950). — Paléontologie marocaine. II : Invertébrés de l'ère primaire, fasc. IV. Paris, Hermann et Cie et *Notes et Mém. Serv. géol. Maroc*, n° 79.
- TRIPP R. P. et WHITTARD W. F. (1956). — Proposed use of the plenary powers (a) to designate type species in harmony with accustomed usage for the genera *Encrinurus* EMMERICH 1844 and *Odon-tochile* HAWLE et CORDA 1847, and (b) to validate the specific name *punctatus* WAHLENBERG 1821, as published in the combination *Entomostracites punctatus* (Class Trilobita). *Bull. zool. Nom. G. B.*, vol. 12, n° 10, p. 259-262, 1 pl.
- WOODWARD H. (1905). — Notes on a serie of Trilobites obtained by Mr. Howard Fox, F. G. S., from the Devonian of Cant Hill, St-Minver, Cornwall. *Geol. Mag.*, (5), vol. 2, p. 151-154, pl. 5, fig. 1-5.

EXPLICATION DE LA PLANCHE XVI.

FIG. 1 à 3. — *Phacops fecundus degener* BARRANDE 1846.

1 : céphalon décortiqué ; col de Soulor, $\times 2,2$. — 2 et 3 : moulage artificiel d'une contre-empreinte ; crête 2202, Aneu (2 : $\times 2,2$; 3 : surface visuelle, $\times 6$).

FIG. 4. — *Phacops aff. angusticeps* GIEBEL 1858. Céphalon ; falaise Peyreget ; $\times 4$.

FIG. 5. — *Asteropyge punctata* (STEININGER 1833). Moulage artificiel d'une contre-empreinte ; col de Soulor ; $\times 22$.

FIG. 6-8. — *Odontochile hausmanni* (BRONGNIART 1822). Panticosa.

6-7 : $\times 1,7$. — 8 : détail de la pointe caudale ; $\times 2,8$.

Maquette d'une carte métallogénique de France au 2 500 000^e

par Pierre LAFFITTE et François PERMINGEAT *.

Sommaire. — Historique et considérations sur la cartographie métallogénique. — La maquette s'efforce de mettre en évidence : les éléments métallogéniques déterminants (failles, granites, faciès transgressifs de base, etc...) par des couleurs rompues, sombres ou pâles — les gisements par des couleurs vives. Le type de gisement est indiqué par la forme du figuré qui, autant que possible, se rapproche des figurés et des couleurs des éléments métallogéniques déterminants auxquels ils sont souvent liés — l'âge par rapport aux mouvements orogéniques de ces deux groupes d'entités. — La réalisation de la maquette soulève d'importantes questions de tectonique ou de métallogénie dont certaines sont évoquées.

I. Aperçu historique et considérations générales.

Les sciences de la terre et l'art des mines ont tout d'abord utilisé des « cartes minéralogiques » de conception plus voisine de celle des cartes que nous appelons de gîtes minéraux ou métallogéniques que des cartes géologiques actuelles.

C'est le cas pour les plus anciennes, réalisées en Saxe au cours du xvi^e siècle. C'est le cas de la première carte minéralogique de France de Guettard [Guettard et Monnet, 1780]. Parmi les travaux moins anciens, il convient de citer la carte minière de la France au 1 250 000^e de A. Cailiaux, publiée en 1875. L'effort d'adaptation à l'échelle et la synthèse des faits d'observation en matière de gîtes minéraux en fait un document qui reste parmi les meilleurs qui aient été publiés dans le monde en matière de cartographie métallogénique avec celle de L. De Launay [1906] pour le Nord de l'Italie.

Au cours des dernières années, un grand renouveau se manifeste et de nombreux travaux, notamment en France et en U. R. S. S., font progresser cette question (cf. bibliographie). Depuis 1958, la commission de la Carte géologique du monde, par l'intermédiaire de ses groupes de travail et commissions, contribue à ce renouveau. Signalons à cet égard les travaux relatifs à la Carte internationale des dépôts houillers en Europe au 2 500 000^e, la Carte des gîtes de fer de

l'Europe et la Carte métallogénique de l'Europe.

Aux grandes échelles (du 20 000^e au 500 000^e pour fixer les idées), on conçoit qu'il suffise de juxtaposer divers types de cartes (géologiques, tectoniques, minières, de gîtes et indices, d'anomalies géophysiques ou géochimiques) pour en tirer l'ensemble des caractères métallogéniques d'une région. Par contre, aux très petites échelles (2 500 000^e et en dessous), il n'en va plus de même. En effet, la schématisation cartographique qui permet de passer des grandes aux petites échelles est fonction des buts particuliers poursuivis. Et si l'on veut aboutir à une *carte métallogénique* qui schématise au mieux, à l'échelle considérée, l'ensemble des données sur la genèse et la répartition des gîtes, il n'est pas possible de se servir directement des documents tronqués dans une optique différente que constituent les cartes géologiques, tectoniques ou minières à la même échelle.

Toute réalisation cartographique comporte une part de principes scientifiques et de technique de représentation. Cette dernière présente une importance considérable car toute symbolique peut être source de progrès scientifique (il n'est que de rappeler l'exemple de la symbolique mathématique). Aussi, nous étendons-nous aussi sur les techniques de représentation adoptées.

II. Techniques de représentation.

1. Un certain nombre d'éléments tectoniques, magmatiques, métasomatiques et paléogéographiques, dont l'importance sur la formation ou la localisation des gisements paraît déterminante,

peuvent être mis en évidence sur une carte à l'échelle du 2 500 000^e. Nous donnons à ces fac-

* Note présentée à la séance du 6 novembre 1961.

teurs le nom d'*éléments métallogéniques déterminants* et la carte est conçue pour les mettre en valeur graphiquement, notamment par l'emploi de couleurs ou de figurés.

2. Les *groupes de métaux ou minerais* sont représentés par des couleurs symboliques selon des principes déjà couramment admis dans les cartes minières ou les cartes de gîtes minéraux. L'emploi de *couleurs vives* pour les groupes de métaux et de *couleurs rompues* (sombres ou pâles) pour les éléments métallogéniques déterminants, ce qui donne une double gamme de couleurs, est une des caractéristiques de la maquette proposée.

3. Les *gisements ou groupes de gisements ou indices* sont représentés par des figurés de la couleur vive du groupe. La *forme* du figuré varie avec le *type de gisement*.

La *figuration des éléments métallogéniques déterminants et celle des types de gisements qui leur sont liés sont choisies de façon à être comparables*. Ainsi :

— un granite tardicinématique est noté par des croix rouge sombre ; le figuré d'un gîte intimement lié à ce granite (greisen, stockwerk, pegmatite, etc...) est aussi une croix de couleur : rouge vif, s'il s'agit d'étain-tungstène ; rose vif, s'il s'agit de béryl ; orange vif, s'il s'agit d'uranium, etc...

— les niveaux de base transgressifs dans des conditions épicontinentales à paléinsules ou dômes sont notés par des points bleu sombre sur fond jaune pâle. Un gîte stratiforme de

plomb-zinc encaissé dans ces terrains est figuré par une tache bleue, etc...

4. Les *domaines tectoniques*, les *anomalies géophysiques*, les *axes structuraux*, etc... sont notés par des grisés unis et des figurés en gris et en noir.

5. *Chronologie*. — Conformément à notre remarque liminaire, on constate que le fond de la carte tectonique de l'Europe au 2 500 000^e est beaucoup trop sommaire pour pouvoir être utilisé dans la carte métallogénique. Ainsi, dans un domaine tectonique, nous avons été amenés à différencier les périodes :

a) *éocinématique* comprenant notamment le magmatisme (roches vertes) du début du développement géosynclinal ;

b) *syncinématique* avec la granitisation et le métamorphisme eugéosynclinal ;

c) *tardicinématique* (on notera que les caractères de certains granites ont conduit à les figurer à la fois en syncinématiques et tardicinématiques) ;

d) *tardive cassante* avec les lignes structurales et les dépôts souvent continentaux correspondant à cette phase ;

e) *de fracturation posthume*.

A ces cinq périodes d'un *drame orogénique* s'ajoutent les périodes *antéorogénique*, liée à un drame antérieur, et *postorogénique*, liée à un drame postérieur. Les phases a à e ne correspondent pas à une chronologie absolue mais sont relatives aux mouvements tectoniques en un point déterminé. Malgré l'analogie apparente, cette chronologie se différencie donc de la divi-

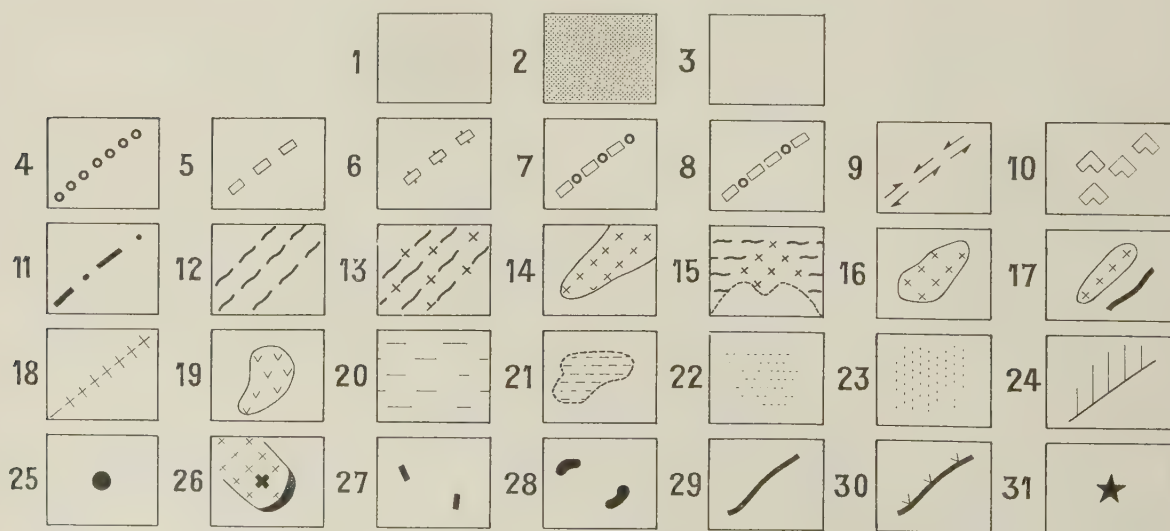


Tableau des figurés.

Explication des figurés de la carte.

Les numéros renvoient aux figurés du tableau.

A. Éléments tectoniques.

a) DOMAINES TECTONIQUES.

- Zone eugéosynclinal alpine : fond gris clair uni (n° 1).
- Zones plissées hercyniennes : fond gris foncé uni (n° 2).
- Zones de plissements de couverture : alternance de bandes grises et jaune pâle indiquant la direction structurale (n° 3).

Des gris de diverses nuances, de plus en plus foncées, permettraient de distinguer successivement les domaines : alpin, hercynien, calédonien, cadomien, etc...

b) REPRÉSENTATION DE L'ÂGE PAR RAPPORT AUX PHASES DU DRAME.

Les éléments tectoniques ou pétrographiques sont affectés d'une couleur. La référence au drame correspond au domaine tectonique indiqué par le grisé ; un même élément peut changer de couleur lorsqu'il passe d'un domaine dans un autre.

— Failles profondes et lignes structurales : d'un drame antérieur : vert sombre — du drame considéré (tardicinématiques : rouge sombre, tardives : violet sombre, posthumes : bleu sombre) — d'un drame postérieur : brun sombre — d'âge non précisé : noir,

— faille vivante, ayant joué à diverses périodes : couleur correspondante bordée de noir,

— failles et lignes structurales de couverture : gris.

c) AUTRES INDICATIONS :

- ligne d'épicentres sismiques (n° 4, en gris) ;
- axe gravimétrique léger (n° 5, en gris) ;
- axe gravimétrique lourd (n° 6, en gris) ;
- anomalie magnétique (n° 7, en gris) ;
- anomalies géophysiques multiples (n° 8, en gris) ;
- zones de nappes ou plis très serrés (n° 9, en noir) ;
- passage d'une zone de culmination profondément érodée (côté de la pointe de flèche) à une zone déprimée moins érodée (n° 10, en gris) ;
- alignements métallogéniques (n° 11, couleur de celle des éléments raccordés) ;
- anticlinaux dans la couverture (n° 18, en gris).

B. Lithologie et paléogéographie.

a) ROCHES GRENUES. MAGMATISME ET MÉTASOMATOSE :

- gneiss et micaschiste (n° 12, en noir) ;
- migmatites (n° 13, en noir) ;
- granites antérieurs au drame considéré (n° 14, croix noire avec contour en noir) ;
- granites syncinématiques (n° 15, croix noires sans contour) ;
- granites tardicinématiques (n° 16, croix et contour rouge sombre) ;
- intrusions tardives (n° 17, croix et contour violet sombre ou trait épais violet sombre) ;
- roches vertes de phases initiales du drame (n° 17, croix et contour vert sombre ou trait épais vert sombre) ;
- roches vulcanogènes posthumes (n° 19, V brun sombre et contour noir) ;
- roches vulcanogènes d'un drame postérieur (n° 19, V brun sombre et contour brun sombre).

b) SÉDIMENTATION :

- sédimentation épicontinentale de plate-forme : fond jaune pâle uni ;
- sédimentation tardi-orogénique (souvent continentale) liée au drame alpin (n° 20, en noir) ;
- sédimentation tardi-orogénique liée au drame varisque (n° 21, en noir avec contour violet sombre) ;
- faciès épicontinental de transgression, principalement gréseux (n° 22, en bleu sombre sur fond jaune pâle) ;
- id., principalement carbonaté (n° 23, en bleu sombre sur fond jaune pâle) ;
- zone d'émersion et période d'altération continentale (n° 24, en ocre pâle).

C. Gisements et indices.

a) TYPES DE GISEMENTS :

— gîtes en liaison intime avec la roche (gîtes magmatiques et de ségrégation) (n° 25, couleur du groupe de métaux : ici généralement vert vif) ;

— gîtes en liaison étroite avec des granites (pegmatites, greisens, skarns, stockwerks et chevelus filoniens : gîtes pyrométasomatiques, pneumatolitiques et *pro parte* hydrothermaux) (n° 26, croix de la couleur du groupe de métaux : ici généralement rouge vif ou rose vif). Lorsque les gîtes sont abondants en bordure du granite on renforcera simplement cette bordure avec la couleur du groupe au lieu de mettre des croix. Dans le cas de gîtes du même type en liaison intime avec des roches effusives, on les représente par des V de la couleur du groupe de métaux ;

— gîtes en liaison étroite avec la tectonique, les failles profondes ou de couverture ; liaison avec des roches grenues moins directes (gîtes hydrothermaux, filons et amas) (n° 27, de la couleur du groupe de métaux) ;

— gîtes stratiformes d'origine discutable (téléthermaux ou syngénétiques sédimentaires) (n° 28, de la couleur du groupe de métaux : ici généralement bleu) ;

— gîtes dont l'origine sédimentaire n'est pas discutée (n° 29, de la couleur du groupe de métaux : ici généralement brun vif) ;

— gîtes en liaison avec des vulcanites (exhalatifs sédimentaires) (n° 30, de la couleur du groupe de métaux) ;

— gîtes d'altération résiduelle (n° 31, de la couleur du groupe de métaux).

b) GROUPES DE MÉTAUX OU SUBSTANCES :

- chrome, nickel, cobalt, amiante, titane : vert vif ;
- étain, tungstène, molybdène, bismuth : rouge vif ;
- lithium, béryllium, niobium, tantale, thorium, terres rares : rose vif ;
- uranium : orangé vif ;
- or : violet foncé vif ;
- antimoine, mercure : violet clair vif ;
- plomb, zinc, cuivre : bleu foncé vif ;
- barytine, fluorine : bleu clair vif ;
- fer, manganèse, aluminium : brun vif ;
- divers : ocre vif.

La nature des métaux ou des substances est précisée, chaque fois que cela est nécessaire, par le symbole chimique ou des symboles simples pour les substances (ex. : am pour amiante).

c) AGE. — Lorsque l'âge d'un gîte est connu et que le contexte géologique risque de prêter à confusion, on peut préciser cet âge par les couleurs sombres utilisées pour les éléments tectoniques (cf. § A b) en entourant le gîte d'un cercle.

sion en phases : préliminaire, précoce, moyenne, tardive et finale de Bilibine [1955] et des auteurs russes qui adoptent son schéma, et nous rejoignons sur ce point les remarques critiques de Tchaïkovski [1961].

Cette figuration de chronologie relative se retrouve en divers domaines de la légende : âge des mouvements et failles, âges des éléments pétrographiques et lithologiques, âge des gisements.

III. Exemples de problèmes évoqués par la maquette.

Les problèmes géologiques posés par l'établissement de la maquette sont très nombreux. Ceux que la contemplation de la maquette évoque le sont aussi.

Nous reviendrons sur certaines interprétations ou hypothèses de travail dans une publication ultérieure, mais certains points méritent d'être d'ores et déjà soulignés.

1. Les *structures anciennes* sont E-W dans le Massif armoricain. Dans le Massif central sont notés comme anciens : la faille d'Argentat et surtout le grand sillon houiller dont le prolongement vers le Sud se marque par la limite entre les zones des Pyrénées, plus superficielles à l'Ouest, plus profondément érodées à l'Est. L'importance métallogénique des drames antéhercyniens est, en France, très faible si ce n'est que ces drames créent le cadre qui prédétermine les lignes structurales et alignements métallogéniques postérieurs.

2. La carte expose des *directions structurales d'âge hercynien* bien différentes du classique V. Les directions généralement E-W sont renforcées par la figuration des axes gravimétriques, l'importance donnée aux alignements de bassins stéphanien du S et du SW du Massif central et au front nord-pyrénéen comme à la faille de la Marche doublée par des alignements de granulites métallifères, enfin par la mise en évidence graphique de la zone d'activation ou de sédimentation viséenne qui court du N de Guéret vers la Bresse à travers la Limagne et la plaine du Forez. Le synclinal pincé de Sancy au N du Morvan et la bande viséenne du S des Vosges et de la Forêt Noire s'insèrent harmonieusement dans cette direction générale.

Les directions obliques du bassin de Saint-Étienne, de Blanzay, ou celles du bassin d'Aubusson, ainsi que le rejeu hercynien des directions quasi-méridiennes (Argentat — sillon houiller) donnent un réseau qui n'est pas sans évoquer, pour tout métallogéniste français, certaines antiques conceptions pentagonales, surtout si l'on y ajoute la fracturation d'âge alpin.

3. On notera le *caractère miogéosynclinal hercynien* au N de la Ligerie et au S du Massif cen-

tral, notamment dans la zone axiale pyrénéenne, et la liaison de ce caractère avec les gîtes de fer en Bretagne et de phosphates et de manganèse dans les Pyrénées.

4. On notera aussi en Bretagne les *alignements métallogéniques* en éventail et en barbe de plume (Léon-Cherbourg ; Quimper-Alençon ; Quimper-Ploërmel ; Quimperlé-Redon-Angers ; Penmarch-Quiberon-Le Croisic). Les alignements de la faille de la Marche, ceux plus au Sud de Nontron-Chenil se rattachent à la même famille. On ne peut aussi manquer d'être frappé, dans le Massif armoricain, de la localisation des gîtes d'antimoine et d'or à proximité des éléments structuraux de la phase cassante tardive hercynienne, ce qui généralise l'ancienne observation de L. De Launay [1913] sur la liaison de certaines minéralisations à stibine du Massif central avec les microgranites tardihercyniens.

5. En ce qui concerne le *domaine alpin*, il convient de souligner sa grande extension sur la carte :

— le *figuré des zones miogéosynclinales alpines* comprend celles qui, *stricto sensu*, seraient qualifiées de telles par un tectonicien, mais aussi les régions qui, sans être franchement plissées, sont néanmoins fortement touchées ou hachées de failles.

— un *figuré unique* a été retenu pour les *avant-fosses* de type classique (mollasse suisse ou bassin aquitain, par exemple), les *bassins d'effondrement typiques* (Limagne ou Fossé rhénan) et d'autres *bassins tertiaires* [région du Puy, bassins d'Ambert, de Montluçon et même certains petits bassins tertiaires du Massif armoricain (Pontpéan, Nort, etc...)]. Cette unité de représentation correspond à l'hypothèse d'une identité dans les causes d'individualisation de ces zones à tendance subsidente.

Cette extension graphique de l'Alpin traduit d'ailleurs l'affirmation déjà nettement formulée par L. De Launay [1913] que le *domaine métallogénique d'une orogénèse est plus étendu que son domaine strictement tectonique* si l'on entend par là le domaine de déformation géométrique des roches. En d'autres termes, la métallogénie

peut constituer pour des études tectoniques un moyen complémentaire d'investigation ultrasensible.

En sens inverse, l'extension de l'Hercynien dans l'Alpin n'a pu être figurée aussi nettement. Toutefois, nous avons traité avec un graphisme iden-

tique le Trias épicontinental transgressif des Cévennes, de la région de La Mure, du massif du Mercantour et le relai jurassique du Diois. Ceci montre que, dans notre esprit, ces régions sont métallogéniquement raccordées, ce qui peut avoir des incidences pratiques.

Bibliographie.

- ABDULLAEV Kh. M. (1958). — Les cartes métallogéniques et leurs bases. *Journ. Géol. Uzbek.*, n° 5.
- AGARD J. et MORIN Ph. (1959). — Les cartes métallogéniques. *Mines et Géologie*, n° 5, p. 39-42. Rabat.
- ANONYME (1959, 1960, 1961). — Comptes rendus des séances de travail des Commissions : de la carte métallogénique de la France, de la carte métallogénique de l'Europe, des gisements houillers de l'Europe, des gîtes de fer de l'Europe. *Arch. Bur. Rech. géol. et min. (B. R. G. M.)* (inédites) et *Chron. Mines et Rech. min.*, n° 297 (1961), p. 19-21; n° 300 (1961), p. 28; n° 301 (1961), p. 14; n° 307 (1962), p. 104.
- AUBOUIN J. (1961). — Propos sur l'orogénèse. *Bull. trim. Serv. Inf. géol. (S. I. G.)*, n° 52 et 53 (suppl. à *Chron. Mines et Rech. min.*).
- BILIBINE Iu. A. [1947]. — Principes généraux de recherches métallogéniques. *Bull. Ac. Sc. U. R. S. S.*, sér. Géol., n° 5.
- (1948). — Question d'évolution métallogénique des zones géosynclinales. *Ibid.*, n° 4.
- (1955). — Provinces métallogéniques et époques métallogéniques. Moscou, Gosgeoltekhizdat (traduction S. I. G. n° 1521).
- BLONDEL F. (1936). — La géologie et les mines des vieilles plates-formes. Paris, Bureau Études géol. et minières coloniales.
- (1942). — La recherche scientifique des gisements minéraux. Paris, Bureau Études géol. et minières coloniales.
- BURNHAM C. W. (1959). — Metallogenic provinces of the Southwestern United States and Northern Mexico. *State Bureau of Mines, New Mexico*, n° 65.
- CAILLAUX A. (1875). — Tableau général et description des mines métalliques et des combustibles minéraux de la France. Paris, Baudry éd.
- CHTCHERBAKOV D. I. (1945). — Principes et méthodes d'élaboration de la carte métallogénique. *Géol. soviét.*, recueil 5.
- (1952). — Sur les cartes prévisionnelles pour les gîtes minéraux magmatogènes. *Bull. Ac. Sc. U. R. S. S.*, sér. Géol., n° 4.
- DE LAUNAY L. (1906). — La métallogénie de l'Italie et des régions avoisinantes. *C. R. 10^e Congr. géol. intern. Mexico*, p. 555-694.
- (1913). — Traité de métallogénie : gîtes minéraux et métallifères. Paris, Béranger éd., vol. I.
- GEFFROY J. (1951). — Métallogénie hydrothermale et remaniements ascendants dans la Lozère. *B. S. G. F.*, (6), I, p. 389-411, pl. XI.
- GUETTARD et MONNET (1780). — Atlas et description minéralogiques de la France.
- KHAMRABAEV I. Kh. (1958). — Magmatisme et processus postmagmatique dans l'Ouzbekistan occidental. Tachkent.
- LAFFITTE P. (1958). — Exposé sur les anciennes cartes métallogéniques et préconisations pour la réalisation des cartes minières et métallogéniques. Paris, Commission de la carte géol. du monde (inédit).
- (1961). — Les sources actuelles d'énergie au point de vue géologique. *La Jaune, la Rouge*, n° spécial, Paris.
- LAFFITTE P. et PERMINGEAT F. (1960). — La carte des gîtes minéraux de France au 320 000^e. *Rep. 21th Sess. intern. géol. Congr. Norden*, part XX, p. 64-73.
- LANG A. H. (1961). — Metallogenic maps. *Econ Geol.*, vol. 56, p. 1123-1132.
- MAGAKIAN I. G. (1954). — Metallogénie de l'Arménie. *Izd. Ak. Nauk Arménie*.
- (1960). — A metallogenic map of the world. Traduction in *Intern. géol. Rev. U. S. A.*, t. 2, n° 6, p. 489-497.
- ORLOVA A. V. et SHATALOV E. T. (1960). — Principes méthodiques de l'établissement des cartes métallogéniques et prévisionnelles des districts miniers. *Zakonom. razm. poliskop.*, t. 2, p. 461-494 (traduction S. I. G. n° 2695).
- PELISSONNIER H. (1960). — Minéralisations hydrothermales et structures centrées. *C. R. Ac. Sc.*, t. 251, p. 2561-2563.
- (1961). — Paléoreliefs et minéralisations hydrothermales. La structure paléinsulaire. *Ann. Mines*, p. 7-30.
- PERMINGEAT F. (1961). — A propos de la carte des gîtes minéraux de la France. Définition et étude des unités métallifères. Paris, B. R. G. M., Rapport A 1852 (inédit).
- PETRASCHEK W. E. (1959). — Considérations sur la rédaction de cartes métallogéniques de grands espaces. *Chron. Mines Outre-Mer et Rech. min.*, n° 272, p. 50-53.
- PRUVOST P. (1930). — Sédimentation et subsidence. In *Livre jubilaire Soc. géol. France*, t. II, p. 546-564.
- RADKEVITCH E. A. (1958). — Essai d'étude de la métallogénie des régions minières sur l'exemple du Primorié. Moscou, éd. Ac. Sc. U. R. S. S.
- RAGUIN E. (1949). — Métallogénie hydrothermale et failles vivantes. *B. S. G. F.*, (5), XIX, p. 445-426.
- (1953). — Front de migmatites et métallogénie

- pyrénéenne. *Geol. Rundschau*, Bd 42, H. 1, p. 59-62.
- ROUTHIER P. (1958). — Sur la notion de « types » de gisements métallifères. *B. S. G. F.*, (6), VIII, p. 237-243.
- (1961). — Quelques orientations actuelles, en France, de la géologie des gîtes métallifères. *Chron. Mines et Rech. min.*, n° 298, p. 3-14.
- SAINFELD P. (1952). — Les gîtes plombo-zincifères de Tunisie. *Ann. Mines et Géol.*, n° 9. Tunis.
- SHATALOV E. T. (1959). — La subdivision en régions métallogéniques. *Geol. Rudn. Mestor.*, n° 3 (traduction S. I. G. n° 2719).
- (1960). — Première carte métallogénique de l'U. R. S. S. *Ibid.*, n° 2.
- SMIRNOV V. I. (1959). — Essai de subdivision métallogénique du territoire de l'U. R. S. S. *B. S. G. F.*, (7), 1, p. 511-526.
- TATARINOV P. M., GRUSHEVYJ V. G., LABAZIN G. S. et al. (1957). — Principes généraux d'analyse métallogénique régionale et méthode d'établissement des cartes métallogéniques des régions plissées. *Mat. Vses. Razno. Issl., Geol. Inst. Ob. Ser.*, n° 22 (traduction S. I. G. n° 2072).
- TCHAIKOVSKY N. V. (1961). — Liaison entre minéralisation endogène et magmatisme dans l'évolution géosynclinale. *Sov. Geol.*, n° 3.
- TVALTCHRELIDZE G. A. (1958). — Traits fondamentaux de la métallogénie endogène de Géorgie. Moscou, Gosgeoltethizdat.
- (1961). — Sur la méthode d'analyse métallogénique. *Sov. Geol.*, n° 3.
- XX (1960-1961). — Carte des gîtes minéraux de la France au 320 000^e. Feuilles Brest, Cherbourg-Rennes et Nantes par L. CHAURIS; Clermont par J. GEFFROY et L. BURNOL; Vosges par P. SAINFELD et R. WEIL; Marseille par P. ROUTHIER, J. C. GAILLARD et R. MIGNON.
- ZAKHAROV E. E. (1960). — Essai de subdivision métallogénique de l'Europe.
- ZAVARITSKY A. N. (1939). — Carte prévisionnelle. *Vestn. Ak. Nauk U. R. S. S.*, n° 8 et 9.

Observations.

M. J. P. DÉVIGNE demande : « Les minéralisations stratiformes sont-elles, elles aussi, mises en évidence sur votre carte métallogénique ? »

Réponse : La carte met en évidence à la fois les gîtes stratiformes (figuré spécial) et les éléments métallogéniques qui en déterminent la localisation (niveaux de base transgressifs dans des conditions épicontinentales paléinsulaires).

M. E. RAGUIN : « Je me réjouis de la création de telles cartes métallogéniques synthétiques. Le fait même de leur établissement, basé sur des *éléments métallogéniques déterminants*, oblige à réfléchir et à discuter, et doit nécessairement provoquer un choc d'idées très propice au progrès de la science. »

Un troisième exemplaire d'*Imhoffius lutetianus* CHABANAUD

par Etienne PATTE*.

PLANCHE XVII.

Sommaire. — Un troisième exemplaire d'*Imhoffius lutetianus*, provenant du Liais, appartient sensiblement à un même niveau du Lutétien que les deux exemplaires connus (Banc royal). Il permet d'examiner certains détails confirmant l'appartenance de l'espèce aux *Pleuronectoidea*.

Les deux exemplaires connus¹ étaient de provenance inconnue ; cependant le Professeur Abrard avait pu, d'après la gangue, préciser qu'ils devaient provenir du « Banc royal », donc de la zone IV du Lutétien, et de la région de Nanterre, Courbevoie ou Puteaux. Le nouvel exemplaire, que je décris parce qu'un peu meilleur, faisait partie des collections de préhistoire du Chanoine Eugène Müller décédé en 1918, et n'était plus étiqueté ; mais nous pouvons en indiquer à peu près la provenance. M. Soyer dont on connaît la connaissance exceptionnelle du Tertiaire parisien, n'hésite pas à l'attribuer au « Liais » de la région de Saint-Vaast-lez-Mello, Saint-Maximin. Le Chanoine Müller, du diocèse de Senlis, avait longtemps vécu à Saint-Leu-d'Esserent et à Chantilly, c'est-à-dire au cœur de cette même région ; du fait de ses infatigables recherches d'archéologie et d'histoire, il était très connu et il est normal que ce fossile lui ait été apporté.

Le « Liais » de Saint-Maximin, inférieur à la « Roche », se situe dans la même zone IV, un peu plus haut que le « Banc royal ». Les trois exemplaires connus se situent donc sensiblement au même niveau du Lutétien.

La roche est un calcaire blanc, grenu, dont la stratification est nettement soulignée par de minces feuilletés d'un gris verdâtre très clair, formés d'éléments plus fins, et s'anastomosant.

L'empreinte est suffisamment nette pour que l'on puisse dire qu'il s'agit d'une forme dextre.

Les contours du neurocrâne ne sont pas dégaçés, mais il est certain qu'il était très allongé.

Le dentaire semble présenter une saillie mentonnière ; son bord dentaire apparaît comme très légèrement convexe, ce qui peut tenir à ce que

la mandibule a été légèrement chavirée vers le haut et l'intérieur.

La terminaison distale du carré est bien conservée et restée, à sa place, au voisinage immédiat de l'extrémité de l'articulaire. Il est possible que le maxillaire, élargi en arrière, soit superposé à ces deux os et à l'intervalle qui normalement les sépare.

Le préopercule est endommagé, mais l'empreinte de son bord postérieur est net et régulièrement incurvé. Le champ compris entre le préopercule et le cleithrum est très lisse, on y distingue une portion légèrement concave proximale plane divisée par une courbe régulière se reliant tangentiellement au cleithrum. On doit voir là l'opercule et le sous-opercule. Sur l'empreinte laissée sur la pierre, une arête rectiligne sépare le sous-opercule d'un interopercule probable. Il s'agit de l'opercule gauche (nadiral) ; en effet il est masqué, en partie, par du calcaire portant l'empreinte de celui de droite. En avant du tiers inférieur du bord postérieur de l'appareil operculaire et un peu en arrière, les écailles ont laissé sur la pierre les empreintes très nettes de leur ornementation ; celle-ci consiste en petits motifs, de 1 mm de diamètre, formée de deux groupes de 5 ou 6 rayons.

Le nombre des vertèbres est de 26 au moins, dont 16 abdominales au moins² et 10 caudales (Chabanaud n'en a compté que 26 dont 17 cau-

* Note présentée à la séance du 20 novembre 1961.

1. CHABANAUD P. (1940) : Un nouveau Téléostéen dyssymétrique fossile, originaire du Lutétien du bassin de Paris. *Arch. Mus. nat. Hist. nat.*, 6^e sér., t. XVI, p. 3-33.

2. On en voit 9 pourvues d'apophyses épineuses, la 10^e (antérieure) n'est pas visible, son existence est déduite de la présence d'apophyse sur la 1^{re} visible.

dales chez *Imhoffius lutetianus*. Les hémaphyses des six dernières vertèbres abdominales sont visibles (à peine discernables à la plus antérieure d'entre elles) ; les deux dernières paires de ces apophyses montrent que celles-ci étaient,

à ce niveau, parallèles et dirigées ventralement et vers l'arrière ; il est possible qu'il y ait eu fusion des éléments des dernières paires.

Les empreintes des côtes splanchniques et des éléments intermusculaires de la région abdomi-

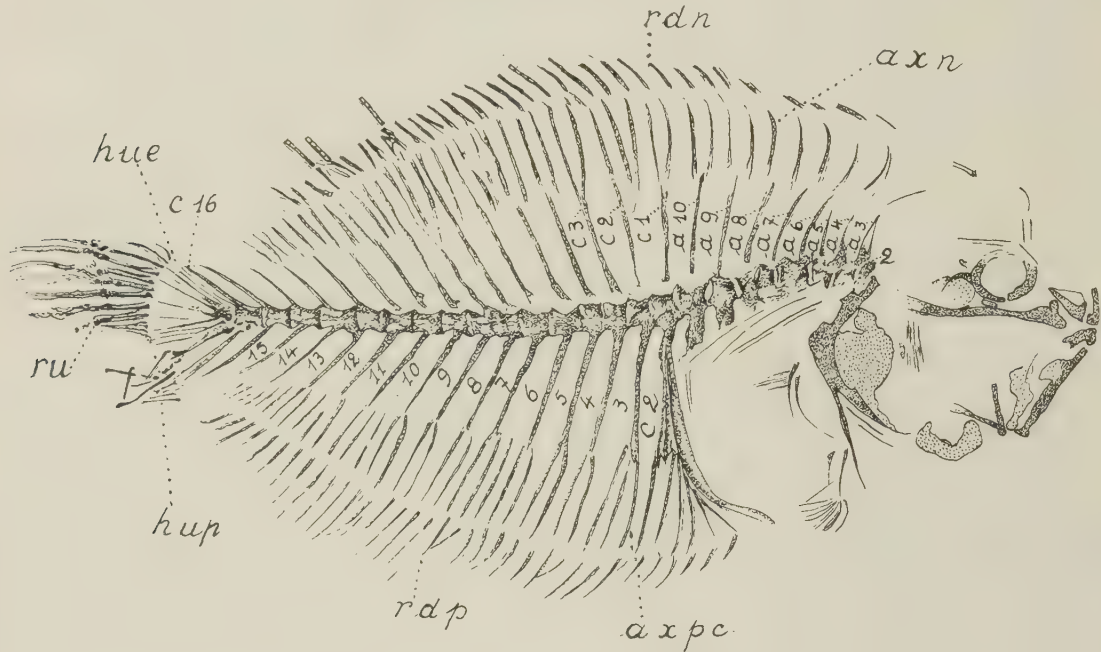


FIG. 1. — *I. lutetianus* CHAB. Désignation des éléments.

a 1, a 2... : vertèbres abdominales ; *axn* : axonostes notoptérygiens ; *axpc* : axonostes proctoptérygiens caudaux ; *c* : côtes splanchniques et éléments intermusculaires ; *c 1* : 1^{re} vertèbre caudale ; *hue* : hypuraux épanoxiaux ; *hup* : hypuraux hypaxoniaux ; *rdn* : rayons dermiques notoptérygiens ; *rdp* : rayons dermiques proctoptérygiens ; *ru* : rayons dermaux uroptérygiens.

nale sont très allongées, filiformes ; et, en général les deux éléments d'une même paire sont juxtaposés.

Ces éléments ne pouvaient rejoindre la colonne vertébrale que dans la région allant du crâne à l'hémaphyse de la 7^e vertèbre ; au nombre de 5 ou 6 paires³, elles s'écartent à peine de la direction de l'axe vertébral et sont groupées par paires. Il existe, par contre, une dernière paire se détachant de la base de l'hémaphyse de la 10^e vertèbre abdominale, longeant le bord caudal de celle-ci, puis presque parallèle à l'érisme de la nageoire anale.

Ces empreintes recourent ainsi les précédentes.

Un de ces éléments s'insérait donc à l'hémaphyse de la dernière abdominale (qui, sur l'exemplaire-type, en paraît dépourvue).

Il est difficile de compter les os hypuraux qui

étaient soudés les uns aux autres ; il ne reste même pas trace de la fente entre les groupes des hypuraux épanoxiaux et celui des hypaxoniaux. Le champ hypural montre 5 (ou 6 ?) nervures principales, mais les empreintes profondes limitées au voisinage immédiat de l'articulation craniale ne sont qu'au nombre de 4, ce qui indique une division essentielle en hypuraux, correspondants. Les bords de ce champ font un angle de 80° ou 83°.

Les rayons antérieurs de la portion dermique de la queue sont groupés par paires ; dans chacune d'elles, l'élément ventral possédait une tête articulaire élargie, tandis que l'autre se terminait

3. Les quatre paires postérieures sont longues, les empreintes antérieures sont ou seraient très courtes.

en biseau et n'atteignait pas tout à fait les hypuraux.

Les éléments ventraux ont été malheureusement déchirés avant ou lors de la mort de l'animal, et se sont rassemblés en paquet, seules 8 paires sont en place. Il devait y en avoir 12⁴; il y aurait donc eu 24 rayons (et non 18 comme sur

l'exemplaire-type); leur longueur croît de l'axe de la nageoire aux parties extrêmes. Les rayons qui les prolongent sont segmentés et de même nombre; ils sont légèrement incurvés avec concavité du côté axial; mais l'ensemble forme éventail.

D'après une trace très vague, le rayon axial

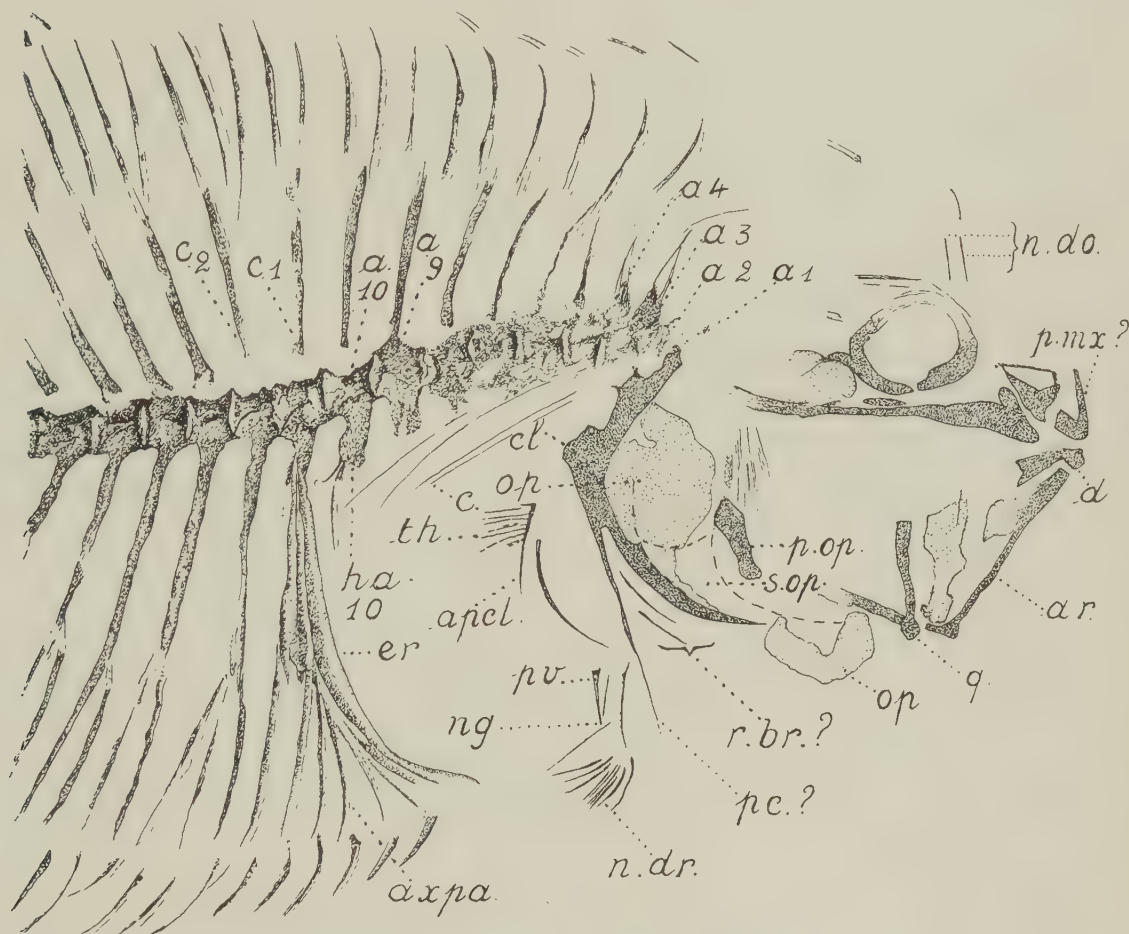


FIG. 2. — *I. lutetianus* CHAB. Détail de la tête; désignation des éléments.

Voir légende de la fig. 1. et *apcl* : ? apocleithrum; *ar* : articulaire; *axpa* : axonostes proctoptérygiens; *cl* : cleithrum; *d* : dentaire; *er* : érisme; *ha 10* : hémaphyse de la 10^e vertèbre abdominale; *n. do* : nageoire dorsale; *n. dr* : nageoire (droite?); *n. g* : nageoire (gauche?); *op* : opercule; *pc* : postcleithrum; *p. op* : préoperculaire; *pv* : os pelviens; *q* : carré; *r. br* : rayons branchios-tèges; *s. op* : sous-opercule; *th* : nageoire thoracique.

de la portion souple de la nageoire caudale avait 22 mm de long; alors que la base de celle-ci avait 17 mm de large. Cette nageoire était donc relativement large (ce sont à peu près les proportions visibles sur le dessin du syntype I de Chabanaud).

La nageoire dorsale s'étendait nettement au-dessus de la tête, ce que les échantillons connus

n'avaient pas permis d'affirmer. Ce caractère écarte cette espèce du sous-ordre des *Psetto-doidea*, pour la classer parmi les *Pleuronectoidea*.

Les axonostes de cette nageoire sont inéga-

4. Ce nombre est évalué en tenant compte, soit de la symétrie, soit de l'espace détruit comparé à celui conservé.

lement répartis entre les neuracanthes. Au niveau de la région abdominale, il n'y en a qu'un, puis deux dans un intervalle ; plus en arrière, il y en a 1, 2, parfois 3. Les rayons dermiques, ne prolongeant pas les axonostes, sont incomplètement conservés ; en effet, leurs extrémités distales ne

sont jamais effilées mais sont tronquées ; ce n'est que pour quatre d'entre eux que l'on peut voir, le plus souvent sous forme d'empreinte, une série d'articles carrés dessinant une échelle, le nombre de ces articles varie de 9 à 12 et la série formée a une longueur de 2 à 4 mm. Il est probable que



FIG. 3. — *I. luletianus* CHAB. Détail de la queue.

Les parties hachurées correspondent aux fragments osseux conservés ; les parties en blanc correspondent aux empreintes laissées dans la pierre.

ces portions, presque toujours disparues, correspondent à la portion la plus souple de la nageoire.

Du côté ventral, l'érisme de la nageoire anale est nettement imprimé ; mais il n'a pas la forme de faucille comme sur les deux exemplaires connus ; à la courbure principale, accentuée, comparable à celle visible sur ces échantillons, fait suite une courbure inverse moins accusée ⁵. La courbe principale est, à son origine, nettement tangente à l'hémacanthé de la 1^{re} vertèbre caudale, entre

le 1^{er} quart proximal et le 2^e quart de sa longueur (comme sur le syntype II).

Entre l'érisme et l'hémacanthé à la 1^{re} vertèbre caudale, existaient 5 axonostes s'en détachant tangentiellement, augmentant de longueur d'avant en arrière, et portant autant de rayons. L'érisme longe l'hémacanthé de la 1^{re}

5. Cette dernière portion est, sans doute, le « mucron » dont Chabanaud pressentait l'existence.

vertèbre caudale jusqu'à 5 mm du corps de celle-ci ; alors que l'extrémité de l'hémacanthé en est à 23,5 .

Plus en arrière, on peut compter 31 axonostes, mais les empreintes les plus caudales sont faibles et il a pu en exister un peu plus (il en a été vu 32 sur le syntype I). Le nombre des rayons dermiques correspondant et visibles est également de 31.

Le cleithrum est net, arqué, mais sa portion caudale est écrasée et l'on ne peut pas savoir si cette aire endommagée ne correspond pas aussi à l'hypercoracoïde. Une longue aiguille osseuse a son origine masquée par le cleithrum ; est-ce le postcleithrum (= metacleithrum) ?

A l'emplacement où Chabanaud a porté les empreintes des apocleithrums, zénithal et nadiral, se voient 3 lignes (sinon 4) à concavité nette vers l'avant, effilées distalement et semblant s'insérer au sommet caudal du cleithrum ; leur longueur décroît d'avant en arrière (il est possible que ces éléments se réduisent à deux bifides).

De la zone écrasée du cleithrum partent 6 petits traits fins presque parallèles, à peine divergents vers l'arrière, et très peu plus inclinés caudalement et ventralement ; il s'agit d'une nageoire thoracique ; il est curieux que celles observées sur les deux exemplaires de Chabanaud soient orientées perpendiculairement à la colonne vertébrale ; on peut supposer que, normalement, ces nageoires avaient une orientation intermédiaire et que, lors de l'enfouissement, elles ont été rejetées, tantôt dans un sens, tantôt dans l'autre.

Un petit trait, semblant se détacher du bord

caudal du cleithrum, s'en écarte tangentiellement vers l'arrière et le haut ; il paraît s'agir d'un des rayons branchiostèges.

Les os pelviens sont représentés par deux empreintes fortes, arquées, parallèles, que l'on suit jusqu'à l'empreinte rectiligne que nous avons supposé être le postcleithrum. Le plus antérieur de ces os s'étend plus que l'autre et se prolonge plus du côté abdominal. Il aboutit au point de divergence de 6 ou 7 rayons bien marqués formant une palette nette ; le rayon antérieur est bien incurvé près de l'articulation ; la courbure des autres rayons diminue du second au dernier qui est rectiligne. Je considère cette nageoire comme droite (zénithale). De l'autre, il semble rester un ou deux rayons. Les empreintes des 2^e et 3^e rayons de la nageoire droite montrent une trifurcation.

Les os pelviens semblent avoir eu un contour postérieur dessinant un angle très obtus, tandis que, nous l'avons vu, leur bord antérieur est arqué, concave vers l'avant.

POSITION SYSTÉMATIQUE. — L'extension de la nageoire dorsale, avons-nous vu, confirme l'attribution du genre *Imhoffius* aux *Pleuronectoidei* ; le nombre des vertèbres écarte de la famille des *Pleuronectidae* et autorise l'attribution aux *Bothidae* (= *Scophthalmidae*) que Chabanaud avait finalement adoptée..

Les quelques différences réelles ou possibles entre cet échantillon et ceux de Chabanaud sont de celles que l'on doit toujours s'attendre à trouver au sein d'une espèce de Poisson. Ce nouvel échantillon apporte quelques nouveaux détails sur cette forme intéressante de *Pleuronecte*.

LÉGENDE DE LA PLANCHE XVII.

Imhoffius lutetianus CHABANAUD.

FIG. 1. — Empreinte entière ; $\times 1$.

FIG. 2. — Détail de la tête.

Contribution à l'étude géomorphologique du Nord-Est du Brésil

par André-R. MEUNIER *.

Sommaire. — L'auteur a pu mettre en évidence dans une partie du Nord-Est du Brésil plusieurs phases d'aplanissement qui se sont succédées depuis le Crétacé (?) jusqu'à l'époque actuelle. Il a tenté de synthétiser en un grand ensemble les caractères morphologiques de la zone littorale et ceux de l'intérieur des terres, sans relations apparentes. Cette synthèse amène à conclure à des *flexures* bordières successives du bouclier brésilien, et à l'accentuation progressive d'un vaste pli de fond.

Au cours de levers géologiques dans le Nord-Est du Brésil j'ai eu l'occasion de recueillir des éléments sur la morphologie de cette région dont les caractères sont remarquablement accusés.

La région parcourue et décrite ici se situe dans les états de Pernambuco, Paraíba et Rio Grande do Norte (fig. 1) et couvre une surface d'environ 40 000 km², surface qui peut être jugée significative, même à l'échelle du pays.

Des travaux fragmentaires, dont certains récents, ont mis en évidence plusieurs surfaces d'érosion dans des roches qui appartiennent à un complexe antécambrien encore mal connu, auquel on attribue un âge algonkien. Les travaux les plus remarquables, après les premières reconnaissances géologiques de 1910 à 1913 de Crandall [1910], furent ceux de L. J. de Moraes [Moraes et Guimaraes, 1924], puis ceux de Aziz N. Ab'Saber [1953, 1957] et de Feio [1954], avant les communications faites par MM. Birot [1957] Dresch [1957] et Fénelon [1957] à la suite du XIX^e Congrès de Géographie.

Les observations recueillies au cours de trois années de courses dans la région me permettent de présenter une synthèse utile quoique partielle encore.

On peut distinguer dès l'abord :

1) Dans l'intérieur des terres, c'est-à-dire à l'Ouest du méridien de Campina Grande (fig. 1), dans le « sertão » semi-aride :

— *la surface des chapadas*¹ formée par des dépôts continentaux d'âge indéterminé au-dessus d'une zone d'altération profonde. Elle atteint son maximum d'élévation près de Teixeira et s'abaisse vers le Nord et le Nord-Est (de 830 à 650 m environ).

— *la surface de Soledade* dont l'attitude moyenne dans la région de la ville de Soledade est de 550 à 600 m. J. Dresch l'appelle surface des Cariris, terme qui prête à confusion, étant donné l'acception très large de ce mot en géographie humaine ;

— *la surface de Patos* qui se développe aux alentours de 250 à 300 m.

2) Dans la région littorale, mis à part les plaines côtières et les formes récentes, d'ailleurs complexes, on trouve :

— les hautes surfaces de la bordure occidentale de la Borborema (zone des brejos) et du cours moyen du Rio Paraíba (Umbuzeiro) ;

— les *tabuleiros*, plateaux qui occupent la marge côtière et descendent vers la mer en pente douce, de 200 à 20 m. Ils sont formés par la série Barreiras argilo-sableuse continentale, qui n'a pas été datée, mais que l'on attribue généralement au Pliocène.

— *la surface d'Itabaiana*, plus basse que les *tabuleiros* et qui se développe jusqu'au pied des hauteurs de la Borborema.

1. LES FORMES DANS LA RÉGION DU SERTÃO.

a) *Les chapadas*. La carte de la fig. 1 situe quelques-uns de ces plateaux que l'on rencontre, avec les mêmes caractéristiques essentielles, au Nord et à l'Ouest du périmètre cartographié ; en particulier la chapada de Teixeira au Sud-Ouest, celles, très petites, de Fundamento, celles de Cuité, Sant'Ana et Port'Alegre au Nord.

* Note présentée à la séance du 4 décembre 1961.

1. On appelle « chapada » dans le Nord-Est du Brésil des formes tabulaires isolées par l'érosion, au milieu de surfaces aplanées plus basses.

Une coupe de la chapada de Fundamento montre, au-dessus d'un soubassement de micaschistes subverticaux à grenats, riches en quartz, à biotite fine, une zone — épaisse de 4 à 5 m — d'un micaschiste à altération blanche, où la biotite est chloritisée, tandis que les quartz se désengrènent et forment une poudre qui donne à cette zone sa coloration blanche. La schistosité est bien préservée. Au-dessus, sur 2 à 3 m, le même micaschiste apparaît, rubéfié, par endroits véritablement empâté d'oxydes de fer, surtout dans la zone tout à fait supérieure. Une croûte ferrugineuse de 30 cm d'épaisseur moyenne couronne le tout : elle est formée de limonite concrétionnée enrobant des fragments de quartz anguleux, ainsi que des galets plus ou moins roulés qui ne dépassent pas 2 cm de diamètre.

La zone d'altération blanche se retrouve à la base de toutes les chapadas, plus ou moins développée selon la pétrographie du soubassement : il est remarquable que des micaschistes quartziques, à faible teneur en feldspath, soient très sensibles au processus d'altération, beaucoup plus que les migmatites et granites de la Serra de Teixeira. Bien des auteurs ont noté ces produits blancs, surtout dans la chapada de Sant'Ana où ils se sont formés également aux dépens de micaschistes. Ils l'attribuent généralement à des concentrations de kaolin, alors que la *silice très fine* prédomine le plus souvent ².

La coupe de la chapada Sant'Ana (fig. 1) montre des dépôts très différents de ceux de Fundamento. La zone d'altération blanche de la base est surmontée d'un conglomérat à galets de 1 à 2 cm de diamètre mêlés à de la silice pulvérulente et à un sable à grains de quartz anguleux. L'épaisseur en est irrégulière et ne dépasse pas 50 cm. Au-dessus viennent des sables et grès peu indurés, souvent à stratification entrecroisée, dont les grains assez grossiers (jusqu'à 2 mm) sont tachés d'oxydes de fer, qui donnent à la roche une couleur ocre. Interstratifiées dans ces sables et grès, on trouve des lentilles d'une formation de « chert » atteignant jusqu'à 30 m de longueur sur plus de 50 cm de puissance. L'ensemble de ces dépôts peut atteindre 20 m de puissance. Le sommet du plateau est recouvert, par endroits seulement, d'une croûte ferrugineuse analogue à celle qui a été décrite. C'est ce que L. J. de Moraes [1924] appela série « Serra do Martins ».

A partir de ces éléments, brièvement résumés ici, on peut tenter une reconstitution paléogéographique locale. Sur une surface aplanie s'est développé un processus d'altération très énergétique qui a conduit à une *remise en mouvement*

de la silice des quartz, avec élimination des ions de Fe, Mg abondants dans la roche fraîche. Dans des dépressions plus ou moins fermées, les eaux de ruissellement ont amené la silice dissoute, ainsi que les matériaux détritiques. Il est probable que la prédominance, tantôt d'un matériel clastique, tantôt d'un chert presque dépourvu d'éléments détritiques, correspond à des variations climatiques.

La superposition des dépôts à une zone altérée caractéristique montre qu'ils sont postérieurs au moins à une grande partie de la phase d'altération. Le fait que cette série soit en partie détritique indique d'ailleurs une capacité de transport accrue, un changement des conditions orographiques, avec une accentuation du relief et la reprise du matériel altéré. La formation des croûtes ferrugineuses sur les parties émergées doit être pour une part contemporaine des dépôts : en certains points on observe pour ainsi dire le passage latéral de l'un à l'autre ; cette évolution de type latéritique s'est certainement poursuivie après l'assèchement des dépressions où avaient lieu les dépôts puisque ceux-ci sont localement recouverts d'une cuirasse ferrugineuse, en général peu épaisse.

Les problèmes non résolus qui se posent sont nombreux, et en particulier ceux de l'âge de la phase d'aplanissement, puis de l'altération et des dépôts. Ces derniers ont été en général considérés comme du Crétacé (supérieur?), par analogie avec les dépôts de la région littorale du Rio Grande do Norte (Chapada de Apodi). Cependant, il est actuellement hasardeux de prétendre relier la série Serra do Martins aux formations décrites beaucoup plus au Nord par W. Kegel [1957], sans qu'on puisse relever, en l'absence de fossiles, aucune analogie lithologique vraiment convaincante. Il serait sans doute plus facile de chercher une liaison avec les formations de la Serra de Araripe, située à 150 km environ à l'Ouest-Sud-Ouest du bord extrême de la fig. 1 et qui, elles aussi, appartiendraient au Crétacé.

Faute d'arguments convaincants, on peut attribuer provisoirement un âge crétacé supérieur à la formation Serra do Martins, ce qui repousse à une époque reculée les phases d'érosion et d'altération antérieures.

b) *La surface de Soledade*. Son individualité est indiscutée, et son extension, encore partiellement reconnue, en fait le trait dominant de la morphologie régionale. On la retrouve, mollement

2. Un phénomène du même ordre a été décrit par J. Nicolas (Bull. Groupe franç. Argiles, t. X, 1958, p. 15-24).

ondulée, à peine entaillée en collines basses, convexes, autour de Campina Grande, Soledade, et jusqu'à Taperoá. Son altitude, de 500 à 550 m à l'Est, s'élève vers l'Ouest où elle bute, soit contre les témoins des chapadas (à Fundamento par exemple), soit contre une série de *reliefs résiduels* qui avaient déjà résisté à l'abrasion pré-chapadas. Ceux-ci s'alignent en crêtes E-W sur les deux versants du Rio da Farinha (Serra de Teixeira au Sud, Serra da Batalha au Nord), puis s'infléchissent vers le Nord-Nord-Est près de Fundamento et se prolongent jusqu'au-delà d'Acari.

Les dépôts superficiels conservés sont rares. Nous avons trouvé des accumulations de galets et de blocs de quartz, arrondis, toujours à proximité de reliefs. L'interprétation la plus probable en ferait des *dépôts de bas de pente* ; ceci s'applique en particulier aux dépôts visibles entre Taperoá et Teixeira, où on monte peu à peu sur les contreforts des chapadas et de la Serra de Teixeira. Latéralement, on passe à des sables fins, essentiellement quartzeux à quelques micas, rencontrés en affleurements restreints au NE de Taperoá.

Sur la carte (fig. 1) je n'ai pas cherché à délimiter précisément l'extension de cette surface, car, en l'absence de levés cartographiques précis, les données sont trop sommaires encore.

Je reviendrai plus bas sur le problème de la genèse de cette surface. Les auteurs sont d'accord pour l'attribuer à une phase de pédiplanation, considérée comme éocène. Aucun argument ne vient à l'appui de cette datation, bien qu'elle corresponde probablement à la réalité. Quant au processus générateur, les éléments manquent pour le définir. Les dépôts décrits plus haut impliquent un ruissellement notable, qui n'est d'ailleurs pas inconciliable avec un caractère semi-aride de la région.

c) *La surface de Patos.* Les villes de Patos, Caicó, Acari, Santa Luzia (carte, fig. 1) sont situées sur une autre surface d'abrasion très fortement marquée et plus limitée que les précédentes. Elle est surplombée au Sud par le rebord abrupt de la Serra de Teixeira ; l'érosion n'a pu mordre sur le granite homogène qui compose cette dernière. A l'Est, au Nord, comme à l'Ouest où sa limite n'a pas été partout reconnue, elle s'arrête sur les contreforts de massifs, composée de gneiss et de migmatites plus résistants que les micaschistes dans lesquels a été creusée la majeure partie de cette surface. Il est difficile de considérer cette surface comme l'équivalent contemporain de la surface de Soledade, qui, comme

le dit J. Dresch [1957], aurait été creusée plus profondément grâce à une érosion différentielle dans les micaschistes. On peut difficilement comprendre des aplanissements contemporains à des niveaux aussi différents (300 m) alors que les distances jusqu'à la mer sont en gros équivalentes pour le Rio Piranhas et pour les affluents du Paraíba. On retrouve d'ailleurs des traces de la surface de Soledade, à vrai dire très disséquée, au SE de Santa Luzia : l'emboîtement des deux surfaces n'y paraît pas faire de doute. Il en est de même à proximité de la ville d'Acari. La preuve de deux cycles distincts peut en tout cas être déduite des caractères morphologiques de la région entre les villes de Angicos et Itaretama, au N du secteur décrit où l'emboîtement des deux surfaces est très bien visible, autour du piton doléritique du Sabugi.

D'autre part, les dépôts sur cette surface sont abondants et caractéristiques. J'ai retrouvé, autour de Cruzetta, à l'W d'Acari, au S de Caicó, des plateaux de plusieurs dizaines de kilomètres carrés, uniformément recouverts de galets de quartz souvent bien arrondis : leur dimension moyenne se situe entre 5 et 10 cm de diamètre. En quelques points seulement, on observe des blocs dépassant 30 cm. En règle générale ils se situent dans des zones où abondent des filons de quartz ; ce ne seraient que des accumulations de bas de pente dont le transport aurait été minime.

Le recouvrement de galets et l'érosion actuelle intense sur les talus ne permettent guère l'observation de la zone altérée. Aux alentours d'Acari quelques tranchées de route permettent de voir, sous les galets, un sable argileux à fragments de quartz anguleux ainsi que des débris de roches métamorphiques dont les feldspaths sont altérés. La partie supérieure est rongée par des oxydes de fer qui peuvent se concrétionner surtout à proximité de zones plus argileuses. Au-dessous, la couleur est grise, et l'on passe, par l'intermédiaire d'une couche de graviers anguleux, au micaschiste décomposé où les quartz ont été désengrenés et la biotite modifiée. Il semble que dans la majorité des cas cette arène manque, soit qu'elle n'ait pas pu se former, soit qu'elle ait été entraînée lors de l'épandage des galets.

Le processus d'aplanissement a respecté des inselbergs dont la forme caractéristique a retenu l'attention de tous les observateurs. Certains, dans la région de Patos (au N et à l'E de cette ville en particulier), ont une forme en « pain de sucre ». Il s'agit toujours de la mise en relief de roches d'un niveau de métamorphisme plus intense que le micaschiste : gneiss ou migmatites

homogènes. Toutes les formes « en pain de sucre » (Bornhardt) que nous avons pu voir étaient formées de ces dernières. Leur découpage correspond à des joints N-S, toujours fortement mar-

qués dans toutes les roches de la région ; quant à leur forme arrondie, elle résulte de la desquamation en larges feuillets courbes dont l'origine semble devoir être la contrainte interne résul-

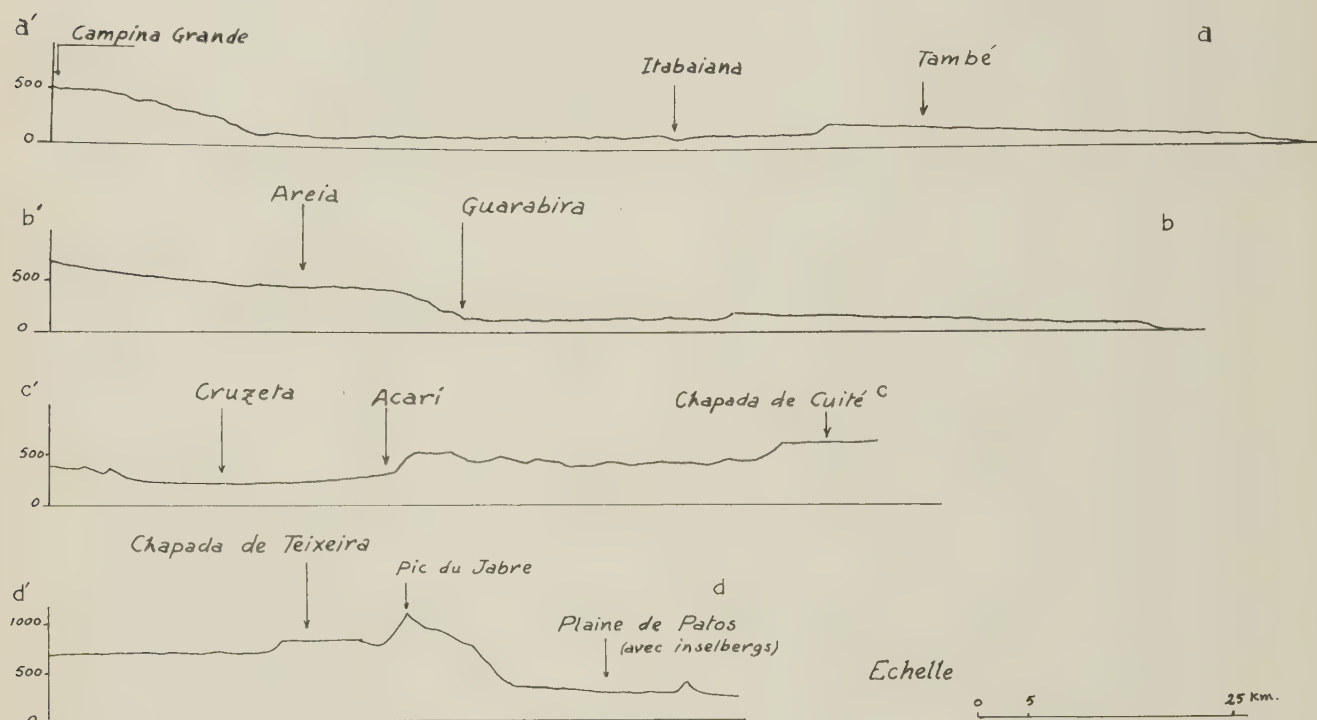


FIG. 2. — Coupes topographiques montrant les principales unités morphologiques du périmètre étudié.

Le relief est multiplié par 10. L'emplacement des coupes est indiqué sur la fig. 1.

tant soit d'une phase tectonique de compression postérieure au processus de granitisation, soit plutôt de la propre cristallisation.

En conclusion, nous devons insister sur le fait que la plaine de Patos est le représentant d'un cycle d'aplanissement beaucoup plus général qu'il n'était admis. Les mêmes formes, approximativement au même niveau, avec des dépôts analogues, se retrouvent, nous l'avons vu, au Nord du secteur étudié, avec une extension très large. L'individualité de ce cycle paraît peu douteuse, et sa généralité en ferait le témoin d'un phénomène majeur si l'on pouvait prouver, comme je le suppose, que la plaine d'Itabaiana étudiée plus bas appartient au même cycle.

2. LES FORMES DE LA RÉGION LITTORALE. — On ne peut faire autrement que séparer cette région de la zone du Sertão étudiée plus haut ; entre

les deux s'élève le massif de la Borborema, massif complexe dont la présence rend toute corrélation sujette à caution.

a) *Les hautes surfaces de la Borborema.* Au N de la Campina Grande, autour de la ville d'Esperança et au-delà en direction de Cuité, on quitte la surface de Soledade pour monter (735 m à Esperança) dans une zone de collines relativement peu entaillée par les rivières qui y ont un cours à faible pente. C'est ce qu'on pourrait appeler le massif de la Borborema *stricto sensu*, le terme Borborema s'appliquant parfois à toutes les hauteurs du Ceará jusqu'en Alagoas. A l'E de Esperança, autour de Areia, jusqu'à Bananeiras, les altitudes baissent à nouveau ; on arrive progressivement à un plateau aux environs de 400 m, bien défini autour d'Areia et près de Bananeiras. C'est la zone dite du « Brejo », à forte pluviosité (égale ou supérieure à 1 m par an) par

opposition aux zones « sertanejas » précédemment étudiées, à caractère semi-aride accentué.

La pente moyenne des rivières, celle en particulier du Mamanguape, s'accroît rapidement quand on descend du massif de la Borborema vers les « Brejos » de sa bordure est ; sur les cartes au 50 000^e on observe une zone d'inflexion sensible qui doit correspondre à un débit considérablement augmenté, et à une force érosive accrue. L'altération atteint des proportions considérables : sur le parcours de Esperança où elle est très réduite, jusqu'à Areia où elle atteint parfois sur 20 m les gneiss du soubassement, on la voit augmenter en intensité. Dans la partie inférieure on reconnaît la trame de la roche mère et les fantômes des minéraux composants. Les feldspaths sont généralement détruits (kaolinisation) ; les quartz corrodés se défont ; la biotite est décolorée, et, assez souvent, disparaît presque complètement. Ces caractères peuvent être observés fréquemment sur plus de 4 m. Au-dessus vient un manteau de composition pour l'essentiel identique, mais où toute structure originelle a disparu ; les feldspaths y sont rares, et on aboutit à un sable argileux, à éléments de quartz anguleux dispersés dans la masse. Toutes ces formations sont uniformément de teinte rouge, et leur teneur en oxyde de fer doit être élevée.

Le cours moyen du Rio Paraíba, dans les environs de Umbuzeiro, est encaissé, surimposé, dans une surface qui présente des caractères morphologiques approximativement identiques, mais où l'altération est beaucoup moins accentuée : ce qu'il faut attribuer, semble-t-il, à une pluviosité moindre³. Il ne paraît pas faire de doute qu'il s'agit d'un seul et même niveau.

Aux alentours de Guarabira, dans la vallée du Rio Mamanguape, on passe par une zone de collines accentuées, très progressivement, de la haute surface (400 m environ) jusqu'à une plaine aux environs de 100 m. Dans la vallée du Paraíba, le rebord est beaucoup plus abrupt et les formes transitionnelles manquent. Il y a emboîtement et digitations dans la haute surface, d'une plaine très régulière et bien marquée, que nous étudierons plus loin.

Pour finir il semble bien, sans qu'on puisse l'affirmer absolument, que ces hautes surfaces des Brejos et du cours moyen du Paraíba appartiennent au même cycle que la surface de Soledade : le plateau a été trop profondément disséqué par les affluents du Paraíba pour que la continuité de la même surface, suivie de Umbuzeiro à Campina Grande, ne soit pas parfois douteuse. Si l'on admet cette identité, on voit que l'aplanissement très poussé, qui correspond à ce cycle, a été le

phénomène qui a conditionné l'essentiel de la morphologie du Nord-Est. Le massif de la Borborema (*str. s.*), ainsi que la Serra de Teixeira (avec le point culminant, le Jabre, à 1100 m), et la ligne de chapadas qui la prolonge vers le Nord-Est ont résisté, et, dès cette époque, fonctionné comme diviseurs des eaux, et imposé une dispersion centrifuge du réseau hydrographique.

b) *Les tabuleiros*. Ce terme désigne des plateaux à surface très plane qui se succèdent tout au long de la côte orientale du Brésil depuis l'état de Ceará au Nord, jusqu'à Espírito Santo au Sud sur une largeur variant autour de 40 à 50 km. Ils sont l'expression morphologique des dépôts continentaux de la série Barreiras, composée de sables argileux, d'argiles et de conglomérats. Les conditions de genèse de ces dépôts sont encore mal connues ; l'âge pliocène qui leur a été attribué n'est appuyé par aucun argument solide. Les variations de la succession stratigraphique sont nombreuses et rapides. De même la puissance totale de la série peut différer notablement entre deux points distants de quelques kilomètres. Elle augmente en direction de la mer, et nous y avons reconnu l'effet d'un phénomène de subsidence [Meunier et Taltasse, 1958]. Près de la mer, l'altitude du plateau est aux environs de 20 m, parfois plus bas encore ; elle augmente progressivement vers l'intérieur avec une pente très régulière (3 à 4 ‰), suffisante pour amener le plateau à 200 m à També (Paraíba).

Les conditions d'observation dans cette dernière région sont très favorables. Le bourg de També est situé approximativement à la limite ouest de la série Barreiras, composée ici de limons jaune-ocre de quelques mètres d'épaisseur, sans éléments conglomératiques. Le contact avec le soubassement altéré et rubéfié se fait par une zone de graviers de quartz anguleux. Vers l'Ouest, les limons laissent place progressivement à une arène de décomposition des gneiss sous-jacents où disparaît toute trace de rubéfaction. Le plateau se poursuit, taillé cette fois dans le soubassement métamorphique. A 10 km environ à l'W de També, sur la route qui va à Itabaiana, un talus accentué fait la transition entre le plateau (à plus de 200 m) et une surface basse à 100 m d'altitude.

A l'E de També, au contraire, la série Barreiras croît en épaisseur de façon modeste ici et irrégu-

3. Il faut noter ici que le régime climatique du Nord-Est brésilien, dans son ensemble, est fort mal connu, mais sans doute très complexe : en particulier, la répartition des pluies semble défier jusqu'à présent toute analyse un peu serrée.

lière. Les roches métamorphiques sur lesquelles elles reposent ont subi une très forte altération, en tous points semblables à celle qui a été observée dans les Brejos de la Paraíba. Au-dessus on trouve une couche à galets de quartz (autour de 5 cm de diamètre moyen), assez fréquente sans être générale sur toute l'extension de la série. Elle est surmontée par un sable argileux rouge, localement très enrichi en argile, parfois à graviers de quartz, qui passe plus haut à un limon ocre, parfois clair, plus homogène, et très largement représenté, qui serait d'après J. Dresch [1957] un latosol actuel. On doit noter à ce propos qu'en bien des points, entre Recife et João Pessoa, cette formation est ravinée par un sable à grains de quartz non usés, limpides, et assez grossiers (autour de 2 mm) à stratification entrecroisée. Il ne fait pas de doute que ces sables sont des remplissages d'un ancien réseau hydrographique dont les caractères restent à définir, correspondant à un niveau de base plus élevé que l'actuel et qui n'aurait que très superficiellement entaillé la série Barreiras.

Malgré l'absence d'études systématiques de ces problèmes, la comparaison entre la surface des Brejos et la surface infra-Barreiras s'impose. Les produits d'altération y sont semblables, ce qui ne peut entraîner la conviction, puisque leur évolution se poursuit sans doute encore actuellement ; plus convaincante est la continuité de la surface de base des Barreiras au-delà de També, et avec des altitudes croissantes, jusqu'à la rencontre des derniers éperons de la haute surface du Rio Paraíba. Faute de moyens de pénétration aisée dans les collines entre També et Timbauba, faute surtout de cartes topographiques, nous n'avons pas pu résoudre de manière définitive le problème posé, fondamental pour la compréhension géomorphologique du Nord-Est brésilien. L'élévation progressive des altitudes, de la mer vers l'intérieur, commune à la surface des Tabuleiros et à celle des Brejos et du Paraíba, ferait pencher en faveur de cette hypothèse.

Ce serait la manifestation d'un vaste mouvement de *flexure*, à l'échelle du continent, et à très grand rayon de courbure. On peut d'ailleurs lier à cette flexure continentale le dépôt de la série Barreiras, qui résulterait de dépôts sur un « talus » côtier, une sorte de « delta » généralisé, des matériaux produits par l'altération météorique. Les éléments grossiers de la base de la série impliquent de toute manière une pente assez forte pour permettre l'épandage en nappe de galets. Ainsi s'expliqueraient également les phénomènes de subsidence locale observés.

c) *La surface d'Itabaiana*. Dans les états de Pernambuco et Paraíba, une plaine très monotone, d'altitude très constante, s'étend entre les tabuleiros à l'Est, et les contreforts de la Borborema à l'Ouest. Elle atteint 90 km entre Mamanguape et Guarabira, à 100 m environ d'altitude ; c'est elle qui forme, sur près de 200 km l'arrière pays des tabuleiros.

Les auteurs ne mentionnent pas cette surface, ou du moins n'ont jamais cherché à l'individualiser. Il semble qu'elle ait été confondue jusqu'à présent avec la surface de base de la série Barreiras, méprise qui ne s'explique guère si l'on considère que les tabuleiros, à leur terminaison ouest, sont plus élevés, et que, entre Itabaiana et També, un talus très sensible sépare les deux surfaces. La phase d'aplanissement responsable de cette plaine est postérieure non seulement à la surface infra-Barreiras, mais aussi aux dépôts des Barreiras qu'elle recoupe (W de Mamanguape). Il faut donc qu'elle soit approximativement contemporaine de l'établissement du réseau hydrographique actuel qui entaille les tabuleiros.

Les altérations superficielles sont réduites et tout à fait différentes de celles qui sont à la base des Barreiras. Les feldspaths semblent n'être que partiellement détruits : dans les micaschistes, les quartz sont corrodés et se séparent et la biotite devient bronzée. Entre Carpina et Limoeiro cette surface est recouverte d'une arène à grains de quartz anguleux assez grossiers. Nous ne connaissons pas d'autre formation superficielle que ces arènes, ce qui ne veut pas dire qu'il n'y en ait pas, car toute cette région a été très peu étudiée.

GENÈSE DES SURFACES D'ABRASION. — Le but de cette note est essentiellement la description des traits morphologiques dominants de la région que nous avons parcourue ; le problème de la genèse de ces formes et des dépôts superficiels s'impose cependant, avec d'autant plus de force que nous sommes mal armés pour le résoudre. Ce ne sont donc que quelques hypothèses de travail que nous formulerons ici, qui pourront servir de base de discussion.

La surface de base de la série Barreiras, où la remise en mouvement de la silice paraît un phénomène dominant, fait penser à un climat subéquatorial humide, par analogie avec les conditions actuellement connues ailleurs. L'établissement d'un profil latéritique de type classique serait légèrement postérieur et résulterait d'un changement climatique, avec accentuation, déjà,

de la saison sèche. Il est difficile, dans ce cas, de préciser davantage et d'émettre une opinion sur le processus responsable de l'aplanissement, certainement très poussé, de toute la région.

La surface de *Soledade lato s.*, incluant les plateaux des Brejos (Areia) et du cours moyen du Paraíba, ainsi que la surface infra-Barreiras, témoignent d'une reprise de l'érosion et d'une phase d'aplanissement généralisée. Probablement cette dernière a suivi une première flexure du continent : tous les auteurs sont d'accord pour voir ici une *pédiplanation*, en climat aride ou semi-aride, sans qu'il soit possible d'explicitier davantage le mécanisme. Aucun caractère ne permet de l'affirmer, et rien ne s'y oppose absolument. Les épandages de gros blocs de quartz et de galets plus ou moins roulés peuvent s'interpréter comme des dépôts de bas de pente : ils sont toujours situés à proximité de reliefs résiduels. Il faudrait admettre, postérieurement à la phase d'abrasion, une humidité accrue sur la marge littorale où se développerait une altération profonde et les karsts trouvés près de João Pessoa, dans les calcaires du Crétacé supérieur qui appartiennent à l'étroit bassin côtier qui frange les états de Pernambuco et de Paraíba. C'est la seule étape de l'évolution morphologique que l'on puisse dater avec une rigueur relative : la surface infra-Barreiras ravine le Crétacé supérieur fossilifère, ainsi que la formation Maria Farinha qui lui est concordante, attribuée par K. Beurlen (1959, communication orale) au passage Crétacé-Éocène. La phase d'érosion serait donc au plus tôt éocène, peut-être plus récente.

Les surfaces de *Patos* et d'*Itabaiana* qu'on peut supposer contemporaines, et dues à une même phase de réactivation de l'érosion, sont, elles aussi, rapportées à une *pédiplanation* [Ab'Saber, 1953 ; Dresch, 1957 ; Fénelon, 1957]. Quoique l'on puisse penser de la valeur de cette explication, il faut cependant noter, à la suite de Ab'Saber, que l'évolution en a été complexe. Un climat uniformément et continûment aride, n'est pas possible :

— le réseau hydrographique est resté exoréique, et c'est certainement de cette époque que date la surimposition impressionnante du cours moyen du Rio Paraíba, ainsi que les « boqueiros » du Sertão (sorte de cluses au travers de quartzites métamorphiques consolidées) ;

— les épandages de galets sur de grandes surfaces impliquent un écoulement en nappe et un ruissellement très abondant à la fin de la période.

Comme le disent Ab'Saber [1957] et M. Feio [1954] le pouvoir érosif des rivières, leur débit et leur capacité ont été supérieurs à ce qu'ils sont actuellement. Il me paraît encore trop tôt pour tenter de débrouiller la complexité de cette évolution.

Ce qui surprend dans la morphologie de la surface d'Itabaiana est son isolement, sa disposition à l'arrière des tabuleiros. L'abrasion généralisée à l'intérieur des terres, s'opposant dans la partie littorale au creusement linéaire de quelques grandes vallées, débouchés des fleuves qui drainent une grande partie de notre région, impliquerait une zonalité climatique, approximativement parallèle à celle actuelle ; région littorale humide, tendance à l'aridité dans l'intérieur. L'aridité du climat a dû être alors plus accentuée, mais souffrir des variations de grande amplitude.

CONCLUSIONS. — L'existence de trois phases d'érosion et d'altération distinctes, et très générales, semble démontrée ; elles se sont succédées depuis le Crétacé et pendant tout le Tertiaire. On peut tirer des faits décrits quelques conséquences qui éclaireront l'évolution structurale récente du bouclier dans le Nord-Est du Brésil.

1) Tout d'abord, des flexures à l'échelle du continent ont résulté d'une activité épeirogénique, à la fin du Mésozoïque et durant le Tertiaire, jusqu'au Pliocène peut-être. L'amplitude de ces mouvements a été suffisante pour élever à 800 m (compte non tenu des variations eustatiques du niveau marin) des surfaces originellement proche du niveau de base.

2) Les bassins bordiers de la côte orientale du Brésil, qui ont fonctionné pendant le Mésozoïque, peuvent être reliés à cette évolution épeirogénique. De grandes failles marginales ont été reconnues au contact avec l'Antécambrien par Fritz Bender dans l'état de Sergipe (rapport à la Petrobras en 1956, non publié), par Rubem Cobra en Pernambuco (1960, communication orale). Elles ont permis dans ces bassins une subsidence importante jusqu'au début de l'Éocène, et pourraient avoir la même cause, et faire partie du même processus que la flexuration du continent. Les bassins côtiers seraient installés, dans cette hypothèse, sur la marge continentale effondrée. Ce serait encore le même mécanisme qui expliquerait la subsidence locale dans la série Barreiras. L'étude des formations subactuelles permettrait de reprendre et de compléter les conclusions auxquelles nous avons été amené.

Bibliographie.

- AB'SABER A. N. (1953). — O planalto de Borborema na Paraíba. *Bol. Paul. Geogr.*, n° 13, p. 54-73.
- (1957). — Significado geomorfológico da rede hidrográfica do Nordeste oriental brasileiro. *Univ. cath. S. Paulo, Fac. Fil., Anuário*, 1956-57.
- BIROT P. (1957). — Morphologie de la région de Recife. *Bull. Ass. Géogr. fr.*, n° 263-264, p. 48-59.
- GRANDALL R. (1910). — Geografia, geologia, suprimento d'agua, transporte e açudagem nos estados orientais do Norte do Brasil. *Insp. Obras contra Seccas, Publ.* n° 4, sér. I, DE. Rio de Janeiro.
- DRESCH J. (1957). — Les problèmes morphologiques du Nord-Est brésilien. *Bull. Ass. Géogr. fr.*, n° 263-264, p. 48-59.
- FEIO M. (1954). — Notas acerca do relêvo de Paraíba e do Rio Grande do Norte. *Fac. Fil. Paraíba*, vol. 1, n° 1.
- FÉNELON P. (1957). — La plaine à Inselbergs de Patos. *Bull. Ass. Géogr. fr.*, n° 263-264, p. 60-65.
- KEGEL W. (1957). — Contribuição ao estudo da bacia costeira do Rio Grande do Norte. *Div. Geol. Min., Bol.* n° 170. Rio de Janeiro.
- MEUNIER A. et TALTASSE P. (1958). — Caractère subsidant de certains tabuleiros de la côte orientale du Brésil. *C. R. Ac. Sc.*, t. 247, p. 1885-1887.
- MORAES L. J. DE et GUIMARAES D. (1924). — Serras e Montanhas do Nordeste. *Insp. Obras contra Seccas, Publ.* n° 58, 2 vol. Rio de Janeiro.

Observations.

M. G. DEICHA souligne l'intérêt des études de M. A.-R. Meunier, en particulier en ce qui concerne les migrations de la silice dans des conditions d'altération météorique.

M. J. FABRE pose les questions suivantes : 1) Quels sont les rapports entre les surfaces décrites ici et celles distinguées par L. C. King ? Des corrélations (chronologiques, altimétriques) sont-elles possibles ?

2) Comment se présente cette zone d'altération blanche à la surface des micaschistes ? Est-elle semblable aux silicates qui sont, dans la région du Cap, aussi interprétés comme des zones d'altération de micaschistes. La silice provient-elle indubitablement des micaschistes sous-jacents ?

3) Avez-vous des organismes dans les cherts ?

M. A. MEUNIER répond :

1) L. C. King a fait l'étude des surfaces qui se trouvent dans la région du Rio Sao Francisco ; les corrélations que l'on pourrait avancer n'auraient pas grande signification si l'on considère la distance qui sépare cette région de celle que nous avons étudié, et le fait que des différences structurales importantes sont probables.

2) Les micaschistes sont altérés sur plusieurs mètres. A l'affleurement on voit les quartz se défaire et la roche se désagréger. Au-dessus, il peut y avoir quelques décimètres de sables ou conglomérats, où la « silice poudreuse » a pu se concentrer, mais par simple lessivage superficiel et sans doute local. Ce n'est jamais une croûte silicatée.

3) Jusqu'à présent, rien n'y a été trouvé ; leur étude systématique n'a pas été entreprise.

Les séries primaires des Tassilis Oua-n-Ahaggar au Sud du Hoggar entre l'Aïr et l'Adrar des Iforas (Sahara méridional)

par Lionel LESSARD *.

Sommaire. — Synthèse stratigraphique et aperçu structural du bassin primaire des Tassilis Oua-n-Ahaggar entre l'Aïr et l'Adrar des Iforas. L'étude est limitée à la partie septentrionale du bassin, au Nord de la frontière de la République du Niger.

Dans une note préliminaire [Lessard, 1959], nous avons décrit brièvement la stratigraphie de la partie orientale du bassin, au N de la frontière de la République du Niger. La poursuite de nos levés dans cette région, leur extension vers

l'Ouest et la découverte de nouveaux gisements fossilifères nous permettent maintenant de définir une stratigraphie plus précise et de proposer un certain nombre de corrélations dans l'ensemble du bassin ¹.

I. Les « Grès inférieurs » (Cambro-Ordovicien).

DESCRIPTION D'UNE COUPE. — Une bonne coupe des « Grès inférieurs » peut être levée à quelques kilomètres à l'ENE du poste d'In Guezam. On y observe, en discordance sur le socle antécambrien (Pharusien), la succession des termes suivants, de bas en haut (fig. 2) :

1. Conglomérat de base à gros galets de quartz, à stratification entrecroisée. Épaisseur de l'ordre de quelques mètres.

2. Grès grossiers et microconglomérats tendres à stratification entrecroisée. Minces lentilles de psammites éparses, empreintes énigmatiques et tigillites. Épaisseur de l'ordre de 400 m.

3. Grès plus fins à passées microconglomératiques. Abondants niveaux à tigillites. Ces grès forment généralement une « cuesta » fréquemment érodée en « gours » très diaclasés (« gours en dos d'éléphant »). Épaisseur : 30 m environ.

4. Latéralement à cette coupe s'observent des grès microconglomératiques à stratification entrecroisée très violente. Épaisseur variable.

5. Au-dessus vient un terme gréseux emballant à sa base de gros blocs de roches métamorphiques (diamètre atteignant le mètre). Ces grès sont généralement grossiers, mal classés, ferrugineux et leur stratification est confuse. On observe localement, dans la série, des lentilles d'argiles ou de silts bariolés très indurés à dragées de quartz éparses. L'épaisseur de ce terme, voisine de 50 m, diminue très rapidement au N de la coupe.

6. Argiles bariolées du Gothlandien.

INTERPRÉTATION DE LA COUPE. — On peut admettre que l'ensemble des termes 1, 2, 3, 4, très constant dans le bassin, appartient à un

complexe gréseux de faciès homogène dont les caractères varient peu dans la série ainsi définie. Si le contact des grès 4 et 3, souligné localement par un joint conglomératique, est assimilable dans certaines régions (N d'In Azaoua entre autre) à une surface ravinée, il est maintenant acquis que, contrairement à notre interprétation première [Lessard et Bertrand, 1958], ce contact n'est pas représentatif d'une discontinuité importante dans les grès inférieurs. Parfois même, des imbrications de faciès voisins de ceux des grès 4 peuvent envahir les grès 3 de telle sorte qu'il peut devenir difficile de différencier les deux termes. Ainsi peut-on penser que les grès 4 témoignent seulement d'apports plus grossiers et d'une sédimentation plus violente dans un contexte sédimentaire homogène en admettant même, à la limite, que les grès 4 et 3 aient pu obéir sensiblement à des conditions de dépôt identiques.

Le terme 5 de la coupe d'In Guezam, observé entre les grès 3 et les argiles gothlandiennes, est défini par contre par des faciès bien différenciés dont l'hétérogénéité est la caractéristique prin-

* Note présentée à la séance du 4 décembre 1961.

1. Nous tenons à exprimer notre vive reconnaissance à P. Gevin et A. Cornet dont les conseils précieux et l'aide constante nous permirent de mener à bien ce travail.

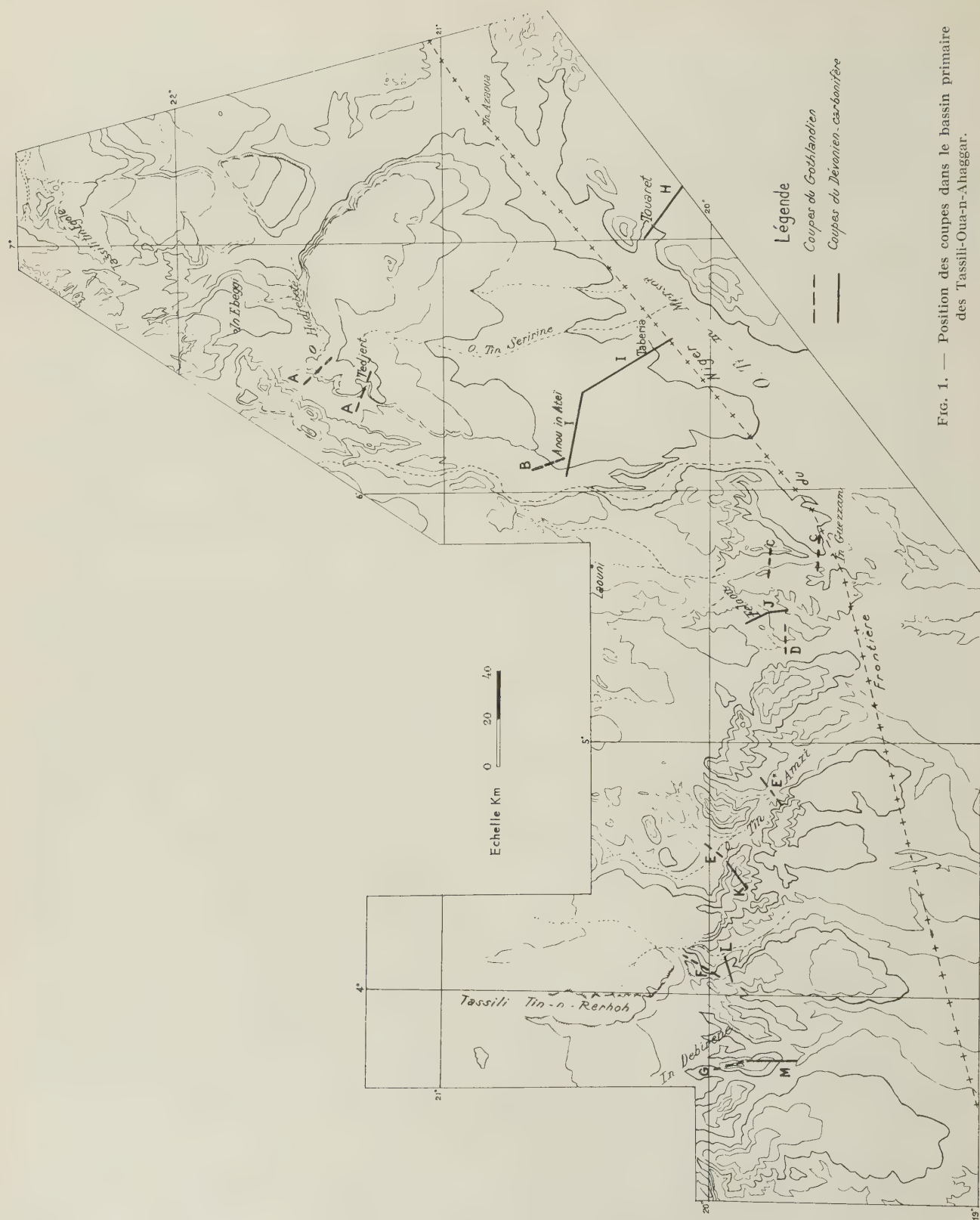


FIG. 1. — Position des coupes dans le bassin primaire des Tassili-Oua-n-Ahaggar.

cipale. Assez représentative, dans son ensemble, de conditions de sédimentation marquées par une certaine instabilité et différentes de celles des termes sous-jacents, cette série autorise l'hypothèse d'une coupure ayant certaine valeur au sein des « Grès inférieurs ». On peut même invoquer, dans le site d'In Guezzam, une reprise de l'activité sédimentaire atteignant à nouveau des reliefs de socle du fait de la présence de blocs de grande taille de roches métamorphiques emballés à la base de cette « série terminale ».

Des observations encore bien fragmentaires effectuées dans un cadre plus large, suggèrent l'idée d'une représentation très inégale du terme 5 dans nos limites d'étude. Dans certaines aires, on a pu constater un amincissement du terme 5, cette stampe pouvant se réduire à un mince niveau à galets subanguleux épars, souvent ferrugineux et quartzifié, dont la signification stratigraphique peut ne pas apparaître lors d'une première reconnaissance. Dans d'autres aires, cette stampe terminale peut retrouver une certaine individualité ; à 200 km au NNE d'In Guezzam par exemple, dans la partie septentrionale du grand synclinal de Ti-n-Seririne, vers le lieu dit Tedjert, les géologues d'une mission pétrolière Petropar — C. E. P. ² nous ont montré un complexe gréseux ferrugineux dont le contact avec les termes sous-jacents, souligné par un conglomérat à éléments silto-argileux, pourrait s'assimiler à un ravinement d'une certaine amplitude.

Ces quelques observations sont en corrélations rigoureuses avec celles effectuées par F. Joulia dans le Nord de l'Aïr (Niger), région dans laquelle cet auteur [1959 a] a, d'une part retrouvé puis suivi sur 80 km notre contact des grès 4 et 3 qu'il nomme « discordance D 2 a », et d'autre part souligné l'importance de la coupure, qu'il appelle « discordance de ravinement D 2 b » du terme 5 sur les niveaux gréseux sous-jacents. Il montre en particulier que ce dernier contact admet en Aïr la forme de ravinements à grande échelle pouvant atteindre au moins le terme 2 (« Grès de Timesgar »). Il fait remarquer, de plus, que cette discordance de ravinement D 2 b est matérialisée sur le terrain par une surface d'érosion ancienne soulignée par un mince niveau ferrugineux. Bien que de moindre ampleur dans nos limites d'études, ce phénomène existe cependant et il faut probablement lui rattacher certaines surfaces dégagées par l'érosion et susceptibles d'avoir été comblées par le terme 5.

Ces quelques considérations sur une topographie ancienne nous amènent à décrire brièvement une autre surface remarquable très générale dans le bassin, située au toit des « Grès inférieurs » et définissant une coupure de choix entre cette série gréseuse et les argiles gothlandiennes. Il s'agit d'une surface lisse, ferrugineuse et ravinée en petites auges contenant çà et là de minces placages, respectés par l'érosion, du faciès argileux gothlandien. Elle peut être interprétée comme la surface de transgression du Gothlandien.

Le terme 5 de la coupe décrite est sans doute à rapprocher des séries terminales des « Grès inférieurs » du Tassili des Ajjers, séries dont le contact avec les termes sous-jacents est souligné par une discordance accompagnée de ravinements parfois très importants [Lessard et Bertrand, 1958 ; Chanut et Nyssen, 1958 ; Borocco et Nyssen, 1959].

2. Nous remercions vivement les directions respectives des Sociétés Petropar-C. E. P. d'avoir bien voulu nous accepter dans leur mission en novembre-décembre 1960 ainsi que les géologues A. Bonnet, P. Dubois, R. Nyssen et G. Jutard pour l'aide efficace qu'ils nous ont apportée.

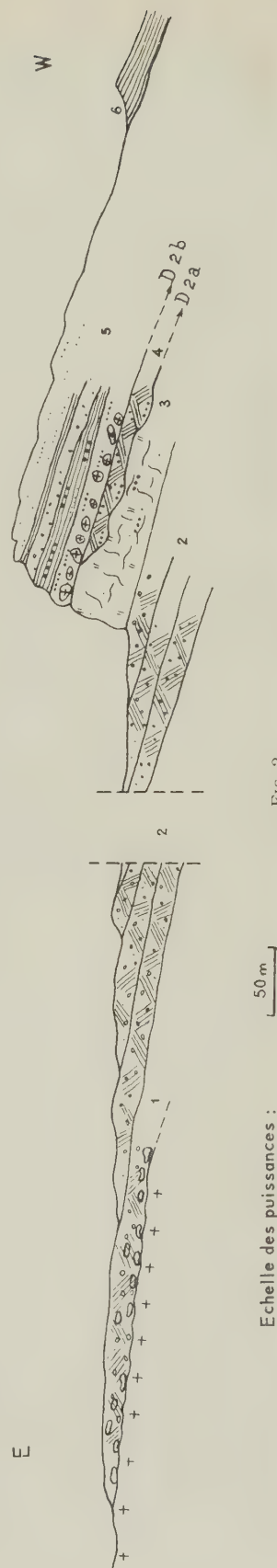


FIG. 2.

Coupe schématique des « Grès inférieurs » (Cambro-Ordovicien) dans la région d'In Guezzam. Les numéros des termes lithologiques correspondent à ceux indiqués dans le texte.

II. Le Gothlandien.

Le Gothlandien, daté par Graptolites et d'épaisseur comprise entre 0 et 300 m, s'inscrit entre une surface de contact remarquable au toit des « Grès inférieurs » et les couches de la base du Dévonien inférieur. Il conserve des faciès à dominante argileuse dans lesquels on peut observer des intercalations calcaires, calcaréo-gréseuses, ou gréseuses. Certains de ces épisodes, gréseux francs, silteux ou psammitiques et localisés vers la partie supérieure de la stampe gothlandienne, témoignent d'apports détritiques plus grossiers traduisant déjà l'influence des mouvements calédoniens dans la sédimentation gothlandienne.

Parmi les faunes de Graptolites recueillies, faunes dont les gisements, d'ailleurs assez nombreux, sont répartis dans des faciès divers (argiles, silts, calcaires schistoïdes, grès fins), seul un petit nombre d'entre elles a pu être, pour le moment, déterminé³. Les Graptolites ainsi étudiés appartiennent tous à des gisements situés au toit ou vers le toit de la stampe gothlandienne, pratiquement sous le contact du Dévonien inférieur, et permettent, d'une manière générale, d'attribuer à la partie supérieure des affleurements gothlandiens un niveau stratigraphique assez bas. D'Est en Ouest, depuis le flanc oriental du synclinal de Ti-n-Seririne, au N d'In Azaoua, jusqu'à In Debirene, l'ensemble des espèces recueillies : *Glyptograptus cf. sinuatus* NICHOLSON, *Climacograptus rectangularis* MC COY et *Cl. scalaris* var. *normalis* LAP. (99 %), souvent associées, tendrait en effet à s'encadrer entre les zones 16 à 19 de miss Elles et à caractériser le Llandovery inférieur à moyen (ou la partie moyenne et supérieure du Valentien inférieur).

D'une manière générale, on peut dire que, dans le bassin, la coupure Gothlandien-Dévonien inférieur est repérable sans ambiguïté du fait de la transgressivité du Dévonien. Ce caractère transgressif est en effet souligné d'Est en Ouest, dans toutes les coupes décrites schématiquement, par les faciès suivants :

- des conglomérats à gros galets de quartz (5 à 10 cm) en contact direct avec le socle cristallin de l'Aïr, au droit de Touaret ;

- des conglomérats argilo-ferrugineux (en « œufs de pigeon ») plus ou moins lenticulaires au lieu dit Tedjert ;

- des conglomérats plus ou moins ferrugineux à galets subanguleux d'argiles ou de silts bariolés

(emprunts typiques au Gothlandien sous-jacent) à In Ateï et localement à In Guezzam, ces conglomérats reposant en particulier au NE du puits d'In Ateï sur une surface ferruginisée (« surface à cendriers ») limitant supérieurement les grès fins à stratification oblique du toit de la stampe gothlandienne (surface d'émersion vraisemblable) ;

- des microconglomérats à petites dragées de quartz et à stratification entrecroisée dans les régions d'In Guezzam, Oued Felaou, Tin Amzi, ces faciès introduisant une discontinuité lithologique extrêmement nette au toit du Gothlandien argilo-silteux ;

- enfin, dans les coupes les plus occidentales, au S du Tassili de Tin Rerhoh et d'In Debirene, des couches massives de grès argileux à lentilles conglomératiques (éléments argileux bien roulés) très locales, faciès dans lesquelles apparaissent les premières faunes dévoniennes à Trilobites, Conulaires et Brachiopodes.

Dans nos limites d'étude, on constate des variations d'épaisseur assez importantes dans le Gothlandien. Les coupes observées et la construction, qui résulte de ces variations, d'isopaques encore bien hypothétiques du Cambro-Ordovicien et du Gothlandien suggèrent le dessin d'un diagramme des puissances cumulées dans lequel il nous est permis de différencier d'Est en Ouest :

- l'absence de Cambro-Ordovicien et de Gothlandien dans la coupe de Touaret, le Dévonien étant directement transgressif sur les granites antécambriens

- une zone subméridienne de plus grande épaisseur du Gothlandien (subsidence maximale ?) que l'on peut aligner à peu près parallèlement et légèrement à l'W de l'axe du grand synclinal de Ti-n-Seririne. La puissance du Gothlandien pourrait y atteindre, en effet, 300 m

- une zone de moindre épaisseur du Gothlandien, cette épaisseur atteignant 25 m seulement par endroit, dans la région d'In Guezzam. Cette zone est d'ailleurs superposée à une zone de puissance maximale des « Grès inférieurs » (500 m)

- une zone occidentale, à l'W d'In Guezzam, dans laquelle on observe une certaine constance des épaisseurs du Gothlandien, celles-ci étant comprises entre 120 et 150 m.

3. Ces diagnoses sont dues à MM. Philippot (Inst. de Géologie de Rennes) et Legrand (Compagnie française des pétroles, Algérie) que nous remercions ici très vivement.

L'existence de zones dans lesquelles la sédimentation gothlandienne était plus complète par le bas doit être envisagée seulement comme une hypothèse. Ce fait ne peut en effet être affirmé par les seules considérations de faciès et d'épaisseurs, mais doit être appuyé sur la détermination des faunes complémentaires. Il est cependant possible que des « protubérances » existant dans ce bassin au cours de la sédimentation gothlandienne aient pu réduire le dépôt de certaines tranches de la base de la stampe.

Quoi qu'il en soit, la large transgression du Dévonien inférieur, attestée entre autre par un spectaculaire débordement sur les granites antécambriens de l'énorme môle de l'Aïr (Touaret), suggère, dans l'ensemble du bassin, une discordance de type cartographique, plus ou moins accusée sur le Gothlandien, suivant les zones. Ce phénomène est hautement probable suivant une ligne NNE-SSW selon laquelle les couches silteuses, psammitiques ou gréseuses du toit de la série gothlandienne se termineraient en biseau sous la discordance dévonienne. On peut éga-

lement observer la réalité de cette discordance cartographique dans un faible rayon autour d'In Guezzam, région dans laquelle on peut admettre qu'au milieu de phénomènes synsédimentaires complexes et sur de courtes distances, le Dévonien transgresse visiblement sur des niveaux différents de la série gothlandienne. Le diagramme des puissances cumulées du Cambro-Ordovicien et du Gothlandien traduit d'ailleurs à In Guezzam l'ébauche d'une « zone tectonique haute » sous la discordance dévonienne. Ce fait tectonique est très probablement lié à la mise en place, contemporaine des mouvements calédoniens, d'un bombement de socle responsable de gauchissements des séries cambro-ordoviciennes et gothlandiennes.

On peut enfin mettre en évidence cette discordance cartographique dans une coupe SW-NE reliant, dans l'Oued Tin Amzi, la « côte » dévonienne et une « gara » tabulaire (argiles bariolées « chapeautées » de Dévonien). Suivant cette coupe, en effet, la puissance du Gothlandien se réduit, en 10 km environ et en direction du Nord, de 120 m à 50 m sous les couches grossières de la base du Dévonien inférieur.

III. Le Dévonien inférieur et moyen.

Dans les coupes qui vont suivre, nous nous proposons, grâce à l'ensemble des gisements fossilifères en présence, de distinguer :

— un Dévonien inférieur compris entre le conglomérat de base (ou discontinuité lithologique importante) et la « zone à *Paraspirifer cultrijugatus* » pour nous conformer aux usages européens ;

— un Dévonien moyen qui s'inscrira entre la zone en question et l'apparition, liée parfois à une discontinuité lithologique, de faunes ou de flores dont certaines d'entre elles ont une large répartition stratigraphique et sont connues autant dans le Dévonien supérieur que dans le Carbonifère. Dans les régions orientales du bassin, l'apparition de ces faunes ou flores coïncide avec celle de faciès particuliers dans lesquels pululent les *Spirophyton*.

Un paragraphe spécial décrira enfin un Dévonien supérieur très mal caractérisé et inclus dans des séries locales englobant une partie du Carbonifère. On se trouve, en effet, dans l'état actuel des recherches, dans l'impossibilité de définir une limite entre deux étages.

A) LE DÉVONIEN INFÉRIEUR ET MOYEN EN ZONE ORIENTALE DU BASSIN. — Des coupes observées à Touaret⁴, In Ateï et Oued Felaou

montrent la succession des termes suivants, de bas en haut :

1. Un terme gréseux, homogène, azoïque et souvent grossier vers la base (grès grossiers et microconglomérats à stratification entrecroisée, ripple-marks). L'épaisseur de ces grès est de 80 m à Touaret, 130 m à In Ateï et 67 m à Oued Felaou.

2. Un complexe hétérogène argilo-gréseux fossilifère admettant d'importantes passées argilo-silteuses dans la zone des fortes puissances et un certain nombre de niveaux carbonatés plus ou moins lenticulaires. A Touaret, cependant, du fait de conditions plus littorales (proximité de l'Aïr), les grès prédominent avec des faciès parfois grossiers, ferrugineux, à ripple-marks, et montrent des passées microconglomératiques à stratification entrecroisée. Ce complexe nous a fourni une faune de type néritique et débute localement par un petit conglomérat calcaire ou argilo-gréseux à galets d'argile contenant des Brachiopodes, des Ptéropodes (*Tentaculites*, *Styliolines*), des Encrines, des Polypiers et des restes d'Arthrodires⁵. L'ensemble des Brachiopodes⁶ recueillis dans toute la

4. Coupe effectuée en 1957 en compagnie de G. Durozoy, que je remercie de son efficace collaboration (Mission hydrogéologique Ahaggar-Tassili).

5. Nous remercions vivement M. le professeur Lehman qui a bien voulu examiner les restes de Poissons recueillis dans ce conglomérat.

6. L'étude des Brachiopodes de l'ensemble du bassin a été confiée à M^{lle} Drot. Nous tenons à la remercier de sa précieuse collaboration sans laquelle nous n'aurions pu établir une stratigraphie cohérente des séries dévoniennes.

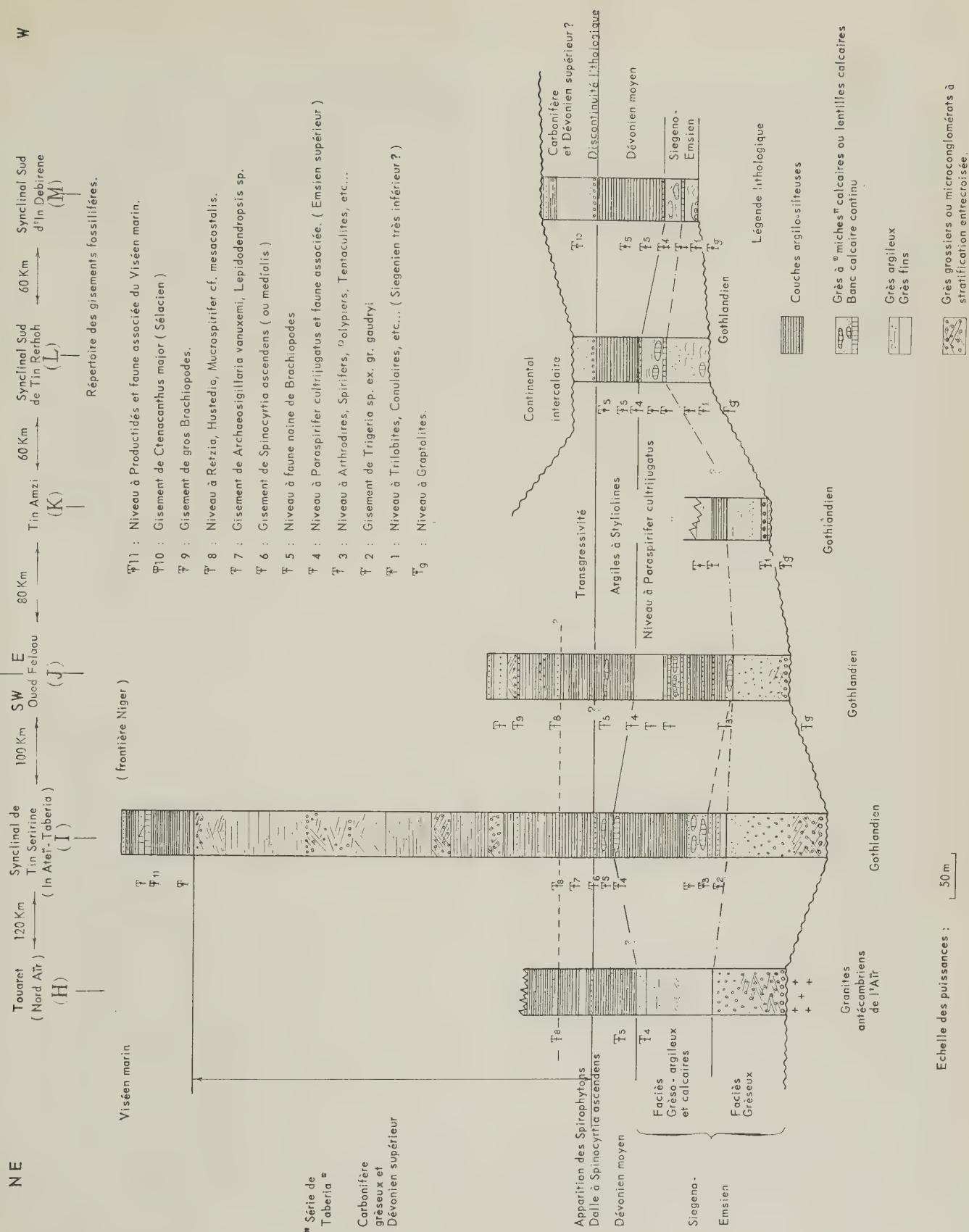


Fig. 4. — Tableau de corrélations au Dévonien-Carbonifère.

série caractérise l'Emsien et peut-être l'Emsien supérieur, certaines espèces persistant depuis la base jusque dans la « zone à *Paraspirifer cultrijugatus* ». Globalement, cette faune comprend les espèces suivantes : *Leptostrophia explanata* (Sow.), *Tropidoleptus carinatus* (CONRAD) ? , *Eodevonaria dilatata* (ROEM.), *Chonetes tenuicostata* (OEHLERT), *Pustulatia pustulosa* (HALL), *Gypidula* sp. ex gr. *galeata* (DALM.), *Spinocyrtia subcuspidata* (SCHNUR), *S. carinata* (SCHNUR), « *Spirifer* » cf. *cabedanensis* DE VERN. et D'ARCH., *Acrospirifer* cf. *extensus* SOLLE, *A. sp. gr. arduennensis* (SCHNUR) (n. sp. ?), *Paraspirifer cultrijugatus* (ROEMER).

L'épaisseur de ce complexe est de l'ordre de 100 m à Touaret, 150 m à In Ateï et 110 m à Oued Felaou.

3. Au-dessus de la « zone à *Paraspirifer cultrijugatus* » s'observe un terme homogène dont le faciès est représenté par des argiles et silts bariolés pétris de *Styliolines*. De minces niveaux calcaires ou calcaréo-gréseux intercalés contiennent une faune de Brachiopodes nains, ce caractère étant probablement dû à des conditions de vie peu favorables à leur développement. Il s'agit d'espèces d'âge dévonien moyen sans plus de précisions pour l'instant : *Productella subaculeata* (MURCH.), cf. *Spinocyrtia ostiolata* (SCHLOTH.) ?, « *Spirifer* » sp. (In Ateï, Oued Felaou), *Chonetes coronatus* (CONRAD), cf. *Leiorhynchus mesacostale* (HALL) (Touaret).

A In Ateï, cette série argilo-silteuse est couronnée par une dalle gréseuse contenant une faune d'âge givétien probablement élevé à *Spinocyrtia* sp. ex gr. *ascendens* (PRIESTERBACH) et *Chonetes* sp. ex gr. *coronatus* (CONRAD), dalle au-dessus de laquelle apparaissent les faciès à *Spirophyton* du Dévonien supérieur. L'épaisseur de ce terme 3 est en général faible et comprise entre 25 et 50 m.

1) *Limite possible à l'intérieur du Dévonien inférieur*. Quelques arguments à la fois lithologiques et paléontologiques permettent de définir une coupure encore arbitraire au sein du Dévonien inférieur. Cette coupure, proposée au contact du terme 1 et du terme 2, répond à l'idée d'un changement de faciès lié à l'apparition d'une faune de type néritique. Le terme 1 témoigne en effet de conditions de sédimentation sans doute très littorales, cette sédimentation détritique grossière ayant été nourrie par la destruction d'aires continentales au relief rajeuni par la phase calédonienne. Le terme 2 suggère par contre l'amorce d'une certaine stabilisation du bassin (grès fins, silts, argiles, carbonates), cadre structural qui prévaudra jusque dans le Dévonien moyen. De plus, le cadre paléontologique qui caractérise le terme 2 est défini par une large extension verticale de l'espèce *Acrospirifer* sp. ex gr. *arduennensis* (SCHNUR) (n. sp. ?), Brachiopode qui persiste jusque dans la « zone à *Paraspirifer cultrijugatus* ». On peut donc admettre un âge emsien peut-être emsien supérieur pour le terme 2 et l'ensemble de ces considérations nous

conduit à avancer l'idée d'une limite séparant soit un Siegenien hypothétique (terme 1) de l'Emsien (terme 2), soit encore un Siegeno-infra-Emsien de l'Emsien supérieur. On rappelle, à ce propos qu'une transgression intra-Dévonien inférieur a été mise en évidence au N du Hoggar, dans le bassin de Fort-Polignac [Freulon, 1955; Chavand et Claracq, 1959].

2) *Limite Dévonien inférieur-Dévonien moyen*.

Ayant donc admis comme caractéristique paléontologique principale du terme 2 la répartition de l'espèce *Acrospirifer* sp. ex gr. *arduennensis* (SCHNUR) (n. sp. ?) depuis la base de ce terme jusque dans la « zone à *Paraspirifer cultrijugatus* », nous conviendrons d'admettre que la disparition simultanée, observée dans la plupart des coupes, des deux *Spirifères* en cause, définira la limite Dévonien inférieur-Dévonien moyen. Corrélativement, on peut penser que la répartition de *Paraspirifer cultrijugatus* est limitée, dans le bassin étudié, à l'Emsien supérieur et n'intéresse pas comme en Europe ou dans d'autres bassins sahariens la base du Dévonien moyen.

Dans la région de Touaret où *Paraspirifer cultrijugatus* n'a pas été recueilli, on serait tenté de proposer hypothétiquement comme limite Dévonien inférieur-Dévonien moyen, la coupure lithologique qui sépare le terme 2 à dominante gréseuse des argiles et silts 3. Cette coupure s'opère, en effet, au droit d'un gisement fossilifère placé au toit du terme 2, gisement dont certaines espèces se trouvent associées dans d'autres coupes à l'espèce *P. cultrijugatus*. A 25 m au-dessus de ce gisement apparaissent d'ailleurs, dans les argiles 3, des faunes de cachet dévonien moyen.

L'adoption de cette limite est cartographiquement commode en marge sud-est du bassin, région dans laquelle les affleurements des argiles à *Styliolines* répondent morphologiquement à l'idée d'une « dépression intratassilienne ».

3) *Limite Dévonien moyen-Dévonien supérieur*.

Dans la coupe d'In Ateï-Taberia, l'apparition, au-dessus de la dalle à *Spinocyrtia ascendens*, des premiers *Spirophyton* pratiquement associés à des faunes ou flores du Dévonien supérieur, résout le problème. A Touaret, en l'absence de la dalle à *Sp. ascendens*, on peut cependant observer un contact franc entre les argiles et silts à *Styliolines* et les faciès grés-argileux assez massifs à *Spirophyton*. Ce contact peut

d'ailleurs se traduire localement par de légers ravinements. Enfin dans les coupes d'Oued Fellaou, l'adoption d'un compromis nous paraît plausible en l'absence de repère ou discontinuité. En effet, on peut admettre que la limite Dévonien moyen-Dévonien supérieur passe dans la série argilo-silteuse entre un niveau calcaire plus ou moins lenticulaire à *Productella subaculeata* et des niveaux à *Spirophyton* apparus beaucoup plus haut dans le faciès argileux et sous-jacent à des couches fossilifères du Dévonien supérieur.

Cette hypothèse, qui ne tient pas compte d'une interprétation cartographique commode, permet cependant de conserver pour le Dévonien moyen une épaisseur voisine de celle observée dans la région d'In Ateï, épaisseur s'intégrant assez logiquement dans un cadre structural général.

B) LE DÉVONNIEN INFÉRIEUR ET MOYEN EN ZONE OCCIDENTALE DU BASSIN. — Vers l'Ouest, en direction de l'Adrar des Iforas, trois coupes levées en rive sud de l'Oued Tin Amzi et dans les deux synclinaux situés, l'un au S de l'apophyse tassilienne de Tin Rerhoh, l'autre au S du Tassili d'In Debirene, nous montrent que le Dévonien transgressif diminue régulièrement d'épaisseur en même temps que les faciès de base s'affinent. Le Dévonien moyen conserve par contre son faciès, mais sa puissance varie quelque peu. Les coupes nous montrent la succession suivante, de bas en haut :

1. Un terme fossilifère de faciès grés-argileux comportant des grès fins plus ou moins ferrugineux, des grès argileux violacés ou jaunes et des niveaux argilo-silteux verdâtres ou violacés. Des niveaux décimétriques micro-conglomératiques à quartz très roulés s'observent dans certaines coupes.

Le contact Gothlandien-Dévonien n'est pas souligné dans ces coupes par une discontinuité importante. De petites lentilles conglomératiques à galets très roulés d'argile blanchâtre et phosphatée existent dans la série, sans être toujours localisées à sa base. Elles suggèrent les accumulations locales, par des courants côtiers, d'un matériel organique et détritique dont la provenance n'est certainement pas lointaine. Les lentilles et certains faciès décrits sont très fossilifères. On y a recueilli entre autre des Lingules, des Conulaires, un *Acrospirifer* sp. et des Trilobites⁸, faune dont le gisement se situe, dans certaines coupes, à 1 ou 2 m au-dessus des derniers Graptolites du Llandovery inférieur à moyen (zone 16 à 19). En ce qui concerne les Trilobites, il s'agit en gros d'une espèce nouvelle représentée par *Trimerus dipleura* n. sp. et d'un *Asteropyginae* du Gédinnien inférieur allemand : *Treveropyge ebbae* RICHTER.

En un endroit de la coupe d'In Debirene, l'extrême base de la série dévonienne peut présenter un faciès calcaire à Encrines témoignant de conditions de sédimentation particulières, en liaison probable avec un haut-fond.

L'épaisseur de ce terme 1 est de l'ordre de 50 m dans l'Oued Tin Amzi, 40 à 45 m au S de Tin Rerhoh et 12 m au S d'In Debirene.

2. Au-dessus du terme 1 vient un terme 2 de faciès voisin mais caractérisé par l'apparition de faciès calcaires ou calcaréo-gréseux dont l'érosion en « miches » est caractéristique. Le mur est représenté par un banc calcaire continu qui est, pour nous, un repère général dans les coupes les plus occidentales (Tin Rerhoh, In Debirene), et le toit par un niveau gréseux ferrugineux à *Paraspirifer cultrijugatus*. Une faune de type néritique d'âge emsien à emsien supérieur a été récoltée dans cette séquence et comporte les espèces suivantes dont un certain nombre persiste dans la « zone à *Paraspirifer cultrijugatus* » ; il s'agit de : *Leptostrophia explanata* (SOW.), *Tropidoleptus carinatus* (CONRAD), *Eodevonaria dilatata* (ROEM.), *Chonetes tenuicostata* OEHLERT, *Pustulatia pustulosa* (HALL)⁹, *Spinocyrtia subcuspidata* (SCHNUR), *S. carinata* (SCHNUR), *S. carinata* var. *crassica* (SCUPIN), *Acrospirifer paradoxus* (SCHLOTH.), *A. ex gr. mosellanus*, *A. ex gr. intermedius*, *A. mosellanus* cf. *steiningeri* SOLLE, *A. mosellanus mosellanus* SOLLE, *A. sp. ex gr. arduennensis* (SCHNUR) (n. sp. ?), *Meganteris* cf. *ovata* MAURER, *Paraspirifer cultrijugatus* (ROEMER), Lamellibranches, *Tentaculites*, fragments d'*Homalonotus*.

L'épaisseur de ce terme 2 est d'environ 30 m au S de Tin Rerhoh et 20 m au S d'In Debirene.

3. Au-dessus de la « zone à *P. cultrijugatus* », on observe, comme dans les coupes orientales, la présence des argiles et silts bariolés 3 à Styliolines et Brachiopodes nains. Les faciès sont toutefois très ferrugineux et aucun niveau calcaire n'y a été observé. Les espèces récoltées et mal conservées sont en cours de détermination ; on peut toutefois citer une faune très pauvre et peu caractéristique : *Tropidoleptus carinatus* (CONRAD), *Camarotechia* sp., *Athyris* sp., « *Spirifer* » sp. L'épaisseur de ce terme 3 est de l'ordre de 42 m au S de Tin Rerhoh et 70 m au S d'In Debirene. Le toit de ces argiles et silts est défini par une discontinuité importante inaugurant une série de faciès gréseux franc.

1) *Limite possible à l'intérieur du Dévonien inférieur et âge de la transgression dévonienne.* Nous admettons que le banc calcaire continu séparant les termes 1 et 2 constitue une coupure correcte. C'est en effet à partir de ce niveau qu'apparaissent les faunes d'âge emsien et emsien supérieur tandis que le terme 1 sous-jacent contient une faune de cachet plus ancien, au moins d'âge siegenien. On note, en particulier, la présence, dès la base du terme 1 et immédiatement au-dessus des derniers Graptolites, d'*Acrospirifer* sp., *Tropidoleptus* sp. et d'*Homalonotidae* dont une espèce nouvelle : *Trimerus dipleura* n. sp.

En outre, dans la coupe de l'Oued Tin Amzi et au-dessus des niveaux de base à *Trimerus dipleura* n. sp. et *Acrospirifer* sp., un conglomérat ferrugineux remanie et associe *Trimerus dipleura* et *Treveropyge ebbae* RICHTER, Trilobite gédinnien de la « zone à *Acastella tiro* » des « Hünghäuser

8. Nous remercions vivement M. J. Pillet d'avoir bien voulu déterminer les Trilobites recueillis à la base des séries dévonniennes.

9. La répartition africaine de *P. pustulosa* a été étudiée par M^{11e} D. LE MAITRE [1961].

Schichten ». Si la présence de *Treveropyge ebbae* laisse supposer que le Gédinnien a pu se déposer pour être ensuite détruit par le jeu de la sédimentation (érosion, remaniements, etc...), les conditions de gisement et le bon état de conservation des Trilobites associés dans le conglomérat suggèrent un faible transport du matériel organique et probablement un hiatus de courte durée entre les dépôts gédinniens et siegeniens. On peut, semble-t-il, tirer argument de cette observation en faveur de l'hypothèse de l'âge siegenien (avec *Acrospirifer* sp.) des couches de la base de la série dévonienne.

2) *Limite Dévonien inférieur-Dévonien moyen.* Dans les coupes du S de Tin Rerhoh et d'In Debirene, cette limite ne pose aucun problème particulier et se prête à une bonne interprétation cartographique. On remarquera, en effet, qu'elle est à la fois lithologique et paléontologique, les faciès argilo-silteux bariolés du Dévonien moyen

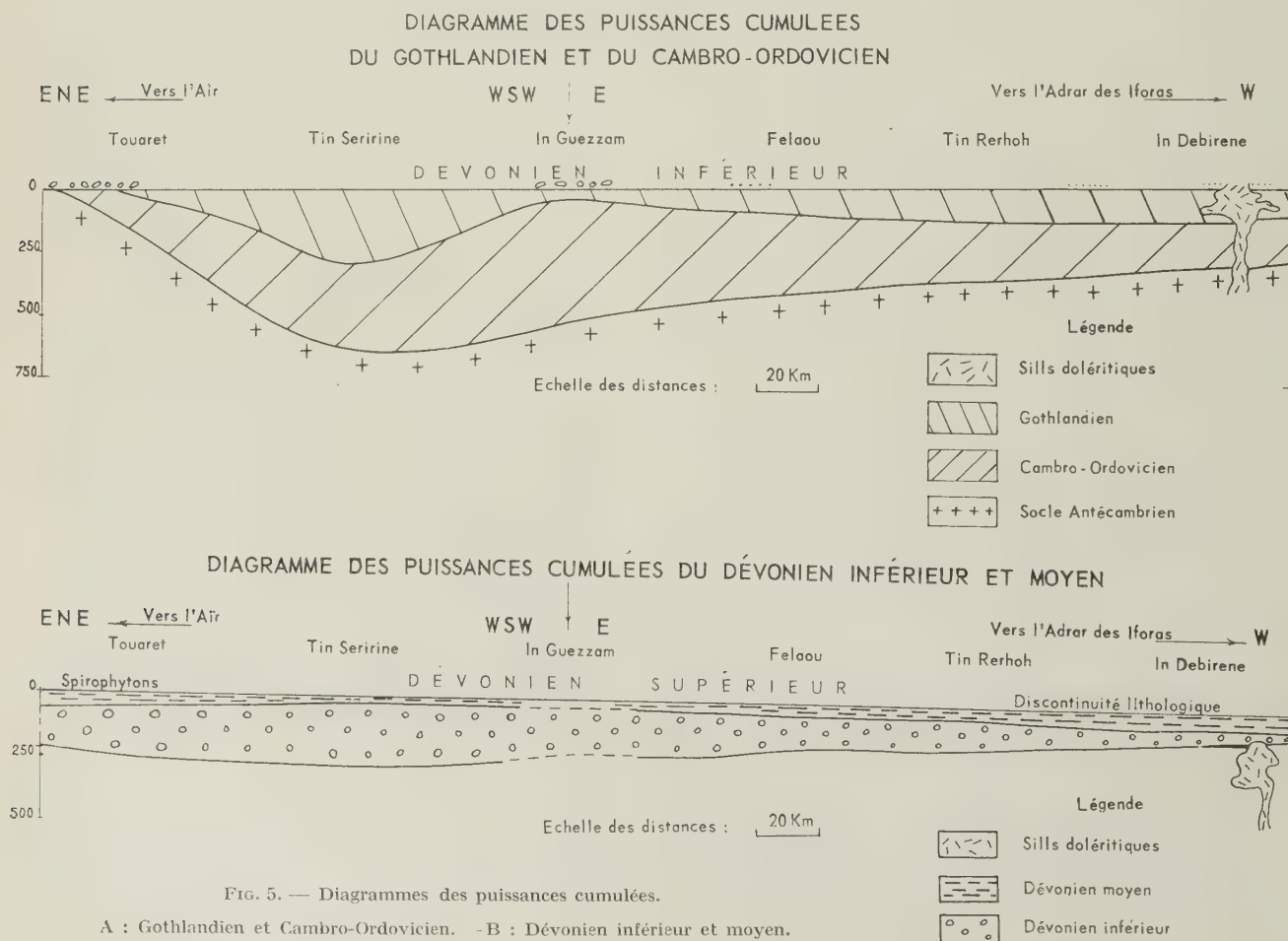
reposant sur la dernière barre gréseuse de la « zone à *P. cultrijugatus* ».

3) *Limite Dévonien moyen-Dévonien supérieur.* Les mêmes coupes montrent une discontinuité lithologique importante au toit des argiles et silts du Dévonien moyen, cette discontinuité marquant l'instauration d'une série gréseuse à faune dévono-carbonifère.

CONCLUSIONS SUR LE DÉVONIEN INFÉRIEUR ET MOYEN. — A la faveur des coupes décrites, des corrélations apparaissent possibles entre les zones orientales et occidentales du bassin et permettent les coupures suivantes :

1) un Siegenien ou un Siegeno-infra-Emsien possible, une faune de Trilobites récoltés à la base de la série, en zone occidentale, suggérant un niveau de transgressivité assez bas ;

2) un Emsien probablement supérieur accusant certains caractères de transgressivité (en zone orientale surtout) ;



3) un Dévonien moyen argileux compris entre la « zone à *P. cultrijugatus* » et l'apparition de faciès particuliers débutant ou non par une discontinuité.

Le Dévonien inférieur est largement transgressif et cartographiquement discordant sur un substratum d'âge antécambrien à gothlandien. Il est même possible d'admettre l'existence, avant les premiers dépôts dévoniens, de gauchissements affectant les séries sous-jacentes et accusant, davantage encore, la réalité dans le bassin, des mouvements calédoniens.

IV. Dévonien supérieur-Carbonifère gréseux.

Au Dévonien moyen argileux succèdent des séries qui peuvent englober le Dévonien supérieur et une partie du Carbonifère. On conviendra de leur donner le nom de « série de Taberia » en zone orientale et « série d'In Debirene » en zone occidentale, du fait qu'il apparaît difficile de définir une limite entre les deux étages.

La « série de Taberia », affleurant largement dans le synclinal de Ti-n-Seririne et épaisse de 450 m environ, s'inscrit entre la dalle à *Spinocyrtia ascendens* et une série franchement marine, d'âge viséen, à Productidés. La « série de Taberia » débute par des faciès silto-argileux et grès feuilletés blancs ou lie-de-vin à *Spirophyton* très abondants¹⁰, à Végétaux et à rares Brachiopodes, ces faciès se chargeant davantage en niveaux gréseux au fur et à mesure que l'on progresse dans la série. Au-dessus de cette séquence hétérogène (150 m d'épaisseur environ) se développent 300 m de faciès franchement gréseux et très ferrugineux caractérisés par des phénomènes lenticulaires (grès fins avec niveaux à « tubulures », grès grossiers ou microconglomératiques à stratification entrecroisée, ces grès grossiers nous ayant fourni, près d'In Guezzam, d'abondantes traces végétales).

Dans sa partie inférieure, la « série de Taberia » suggère l'idée d'une sédimentation de type deltaïque et lagunaire (« prairies » à *Spirophyton*, bois flottés) affectée de brèves incursions plus marines (niveaux à Brachiopodes) et l'ensemble de ces faciès régressifs, surtout ceux de la moitié supérieure de la série (apports très grossiers), témoigne d'un bassin en voie d'exondation. Un niveau repère, dont la constance est remarquable d'Est en Ouest, depuis le synclinal de Ti-n-Seririne jusqu'à l'Oued Felaou, nous a fourni une faune très pauvre du Dévonien supé-

rieur. La construction d'isopaques permet d'observer, pour le Dévonien inférieur, une aire subméridienne de subsidence maximale (épaisseur : 235 m dans la région d'In Ateï) en zone orientale, tandis qu'en zone occidentale on constate un amincissement régulier de l'étage (épaisseur : 32 m au S d'In Debirene). Au Dévonien moyen, les isopaques montrent plutôt un mouvement de subsidence inverse, les épaisseurs ayant tendance à croître en zone marginale ouest, c'est-à-dire vers l'Adrar des Iforas (70 m contre 25 à 30 m à In Ateï).

Il s'agit de *Retzia* sp. et de mauvais exemplaires de *Mucrospirifer* cf. *mesacostalis* (HALL), espèce du « Chemung Group » des U. S. A. (Frasnien très élevé ?). Enfin, des couches à Végétaux sous-jacentes ou sus-jacentes à ce niveau nous ont permis de récolter : *Archaeosigillaria vanuxemi* (GÖPPERT) KIDSTON, *Protolpidodendropsis* sp., *Cyclostigma* sp., *Haplostigma* sp., *Calamophytum* sp.¹¹. Cette flore, dont la répartition va du Dévonien supérieur au Dinantien inférieur, n'a pas grande signification stratigraphique. On constatera simplement, dans le bassin étudié, son association avec *Mucrospirifer* cf. *mesacostalis*¹².

La « série d'In Debirene », sans doute transgressive sur le Dévonien moyen, débute par un niveau détritique grossier (microconglomérat) accusant une nette discontinuité lithologique. Son ennoisement sous le Continental intercalaire ne permet pas de préciser sa limite supérieure et les épaisseurs visibles sont de 22 m et 61 m environ dans les structures du Sud de Tin Rerhoh et d'In Debirene. Les faciès sont essentiellement gréseux avec cependant quelques niveaux argilo-silteux. À l'encontre de la « série de Taberia », on n'y observe pas de *Spirophyton*. Le seul argu-

10. Les *Spirophytons* semblent se rapprocher des *Cancellophycus* décrits dans le Jurassique de certaines régions et rattachés au groupe des Alcyonnaires par G. Lucas [1938].

11. Nous remercions vivement Ch. Greber qui a bien voulu se charger de la détermination de nos flores. Cet auteur fait remarquer que certains de ces genres sont connus au Spitzberg et dans la province du Cap (« série de Witteberg »).

12. M. l'abbé A. F. de Lapparent qui, à l'occasion d'une de nos missions, a bien voulu examiner la « série de Taberia », a rapproché cette série de celles se plaçant sensiblement au même niveau stratigraphique au Djado et au Tibesti [Bizard et alt., 1955].

ment paléontologique à notre disposition est la présence, dans les affleurements les plus méridionaux, d'un niveau à gros nodules coniques renfermant des aiguillons de Sélaciens. Il s'agit,

selon M. Lehman, de *Ctenacanthus major* AGASSIZ, espèce récoltée dans le Carbonifère inférieur en Europe et dans le Dévonien supérieur aux U. S. A.

V. Carbonifère marin.

Il s'agit, au toit de la « série de Taberia » (zone orientale), d'une série marine argilo-gréseuse et calcaire riche en Brachiopodes. Cette série, sub-affleurante dans le grand reg du Ti-m-Mersoï sous la forme d'anticlinaux subméridiens à grand rayon de courbure, montre à l'intérieur de notre zone de levés, limitée par la frontière de la République du Niger, la succession suivante, de bas en haut :

1. Argiles verdâtres à niveaux gréseux, à *Camarotoechia ex gr. pleurodon* (PHILLIPS). Épaisseur : 40 m.

2. Dalle calcaire bleue et grès argileux gris-violet à *Syringothyris cuspidatus* (MARTIN), *Spirifer striatus* MARTIN, *Tylothyris laminosus* (MC COY), *Linoproductus ex gr. cora* (D'ORB.), *Dictyoclostus semireticulatus* (MARTIN), *Echinochonus punctatus* (MARTIN), *Schizophoria resupinata* (MARTIN), *Rhipidomella michelini* (LÉV.), *Camarotoechia sp.*, Lamellibranches, Gastéropodes, Crinoïdes. Épaisseur : 30 m.

L'ensemble de cette faune est d'âge viséen très probable. Il faudra cependant attendre le résultat de l'étude des Conodontes pour obtenir des précisions supplémentaires¹³.

VI. Manifestations volcaniques dans la série primaire.

Il s'agit, dans la région d'In Debirene, non loin par conséquent de l'Adrar des Iforas, d'un complexe doléritique dont le mode d'affleurement se présente sous trois formes, du Nord au Sud :

1) Dolérites très altérées blanchâtres observées à l'intérieur d'une cheminée parfaitement circulaire affectant les grès cambro-ordoviciens.

2) Dolérites vert sombre souvent érodées en « boules » affleurant en buttes (sills très probable) sur les argiles gothlandiennes, l'épaisseur varie de 1 à 25 ou 30 m.

3) Dolérites vert sombre affleurant en bouton-

nière au cœur d'un petit anticlinal de forme circulaire affectant le Dévonien inférieur. De petites structures du même type, mais dans lesquelles l'érosion n'a pas atteint les dolérites, s'observent ailleurs dans la couverture dévonienne.

L'ensemble de ces observations autorise l'hypothèse suivant laquelle les dolérites ont injecté le Cambro-Ordovicien et le Gothlandien en « poussant » la couverture dévonienne. On pourrait en conclure que la mise en place de ce complexe est au moins contemporaine de la phase hercynienne.

Aperçu structural.

Le bassin primaire du Tassili Oua-n-Ahaggar est un bassin légèrement effondré dans le socle, ce caractère étant d'abord accusé sur ses bordures est et ouest par des flexures-failles marginales, rejeu de « vieilles cicatrices » du socle (flanc occidental de l'Aïr : flexure faille d'In Azaoua-Touaret; flanc oriental de l'Adrar des Iforas : flexure-faille du Tassili n'Eridjane observée par R. Karpoff [1960 b]. Le bassin se présente ensuite comme un ensemble de vastes structures subméridiennes légèrement plissées et limitées par des accidents de rejet parfois important. C'est un style de horst et graben dont le trait struc-

tural le plus marquant est l'existence d'une « zone tectonique haute » sur l'emplacement du synclinorium d'In Guezzam. Cette zone, dont la largeur est d'environ 35 km légèrement au N du poste d'In Guezzam, s'inscrit entre deux accidents du type flexure-faille. L'accident ouest qui sépare cette structure de celle d'Oued Felaou a un rejet de l'ordre de 700 m. L'accident oriental est une flexure qui se complique de faisceaux de

13. M. Lys, de l'Institut français du pétrole, qui a bien voulu examiner quelques échantillons, aurait mis en évidence deux fragments de Conodontes (renseignement oral de M^{lle} J. Drot).

failles secondaires recoupant la série en oblique et favorisant la disparition de certains termes.

Sur la « zone haute » proprement dite, l'érosion, dont une phase très active est anté-mésozoïque, a déblayé une bonne partie de la couverture primaire dégageant même, en certains endroits, d'assez vastes affleurements de socle. L'Emsien est le niveau stratigraphique le plus récent connu dans cette partie du bassin.

C'est enfin sur cette « zone haute », comparable à certaines structures du même type dans

les Tassilis du N du Hoggar, que nous avons pu observer, sur une terminaison de pli, la présence d'un indice de bitume ¹⁴ localisé dans des niveaux gréseux intercalés entre les argiles gothlandiennes et le Dévonien inférieur transgressif ¹⁵.

14. Lettre à M. le Directeur général de la S. N. Repal (1959).

15. Il s'agit d'une série gréseuse locale encore peu étudiée (grès bleutés à traces végétales ?) qui accuse, semble-t-il, certains caractères de transgressivité sur les argiles gothlandiennes et qui se termine en biseau sous la transgression siegenienne.

Bibliographie.

- BIZARD C., BONNET A., FREULON J. M., GÉRARD G., LAPPARENT A. F. DE, VINCENT P. et WACRENIER P. (1955). — La série géologique entre le Djado et le Tibesti (Sahara oriental). *C. R. Ac. Sc.*, t. 241, p. 1320-1323.
- BOROCCO J. et NYSSSEN R. (1959). — Nouvelles observations sur les « Grès inférieurs » cambro-ordoviciens du Tassili interne (Nord-Hoggar). *B. S. G. F.*, (7), I, p. 197-206.
- CHANUT Cl. et NYSSSEN R. (1958). — Sur une « discordance de ravinement » dans les grès inférieurs de la région d'Amguid et de Takoumbaret (Mouydir). *C. R. somm. S. G. F.*, p. 102-105.
- CHAVAND J. C. et CLARACQ P. (1959). — La disparition du Tassili externe à l'E de Fort-Polignac (Sahara central). *Ibid.*, p. 172-174.
- FREULON J. M. (1955). — Stratigraphie du Dévonien du Tassili n'Ajjer (Sahara central). *C. R. Ac. Sc.*, t. 241, p. 1601-1603.
- JOULIA F. (1959 a). — Précisions sur la discordance cambro-ordovicienne d'In Azaoua (Niger). *C. R. somm. S. G. F.*, p. 177-178.
- (1959 b). — Les séries primaires au N de l'Aïr (Sahara central) : discordances observées. *B. S. G. F.*, (7), I, p. 192-195.
- KARPOFF R. (1960 a). — La géologie de l'Adrar des Iforas (Sahara central). Thèse, 1958. *Bull. Serv. Géol. et Prosp. min. Dakar*, n° 30.
- (1960 b). — Le Cambro-Ordovicien de l'Adrar des Iforas (Sahara soudanais). *C. R. somm. S. G. F.*, p. 16-17.
- LE MAÎTRE D. (1961). — Découverte de nouveaux gisements de *Pustulatia pustulosa* HALL. Répartition géographique et stratigraphique de ce Brachiopode en Afrique. *C. R. somm. S. G. F.*, p. 190-191.
- LESSARD L. (1959). — Note préliminaire sur la géologie des Tassilis Oua-n-Ahaggar (Sahara méridional). *Ibid.*, p. 151-152.
- LESSARD L. et BERTRAND J. P. (1958). — Sur l'existence d'une discordance dans le Cambro-Ordovicien au Sahara central. *Ibid.*, p. 72-75.
- LUCAS G. (1938). — Les *Cancellophycus* du Jurassique sont des Alcyonnaires. *C. R. Ac. Sc.*, t. 206, p. 1914-1916.

Présence d'une faune marine dans les assises infra-gypseuses (Ludien) de la butte de L'Hautil (Seine-et-Oise)

par LÉON FEUGUEUR*.

PLANCHE XVIII.

Sommaire. — Une étude géologique sur l'extension du gypse (Ludien) dans la butte de L'Hautil et des sondages de reconnaissance carottés ont permis de retrouver deux faunes de Mollusques dans les assises infra-gypseuses du Ludien, et de mettre en évidence une incursion marine dans les assises infra-gypseuses laguno-continentales.

Au cours d'une étude géologique sur l'extension du gypse (Ludien) dans la butte de L'Hautil (S.-et-O.)¹ et grâce à des sondages de reconnaissance carottés, nous avons pu retrouver deux faunes de Mollusques dans les assises infra-gypseuses du Ludien. Nous n'avions jusqu'ici que très peu d'éléments en raison de la rareté des affleurements, la haute masse du gypse étant exploitée par galeries à l'intérieur du massif.

Mis à part les restes de Vertébrés signalés dans la masse du gypse proprement dite, nous ne connaissions aucun niveau fossilifère dans les assises ludiennes, résumées ci-dessous.

Coupe résumée du Ludien (Bartonien supérieur) de L'Hautil :

Marnes supra-gypseuses, vertes, ocre et bleues.	7 m
Haute masse du gypse (niveau des exploitations)	9 m
Lits de gypse saccharoïde cristallisé (pied d'alouette) alternant avec des argiles et des marnes	5 m
Marnes et bancs de calcaire vers la base	5 m

Bartonien inférieur : Sables verts de Monceau se terminant par un grès tendre à ciment calcaire.

Nous donnerons trois coupes de sondages : Fortvache à l'W de la butte ; Boisemont, et L'Hautil (village) à l'E de cette butte.

Une coupe (B) nous a permis de retrouver les marnes à Lucines et *Potamides perditus* en affleurement à Port-Maron (Vaux-sur-Seine) au Sud, vallée de la Seine.

A) FORTVACHE (sondage de la ferme du Bas-Rucourt). Feuille de Pontoise au 50 000^e — Coord. Lambert : X = 572,88 ; Y = 147,36 ; Z = 144,17.

Le sondage a traversé les Sables de Fontainebleau, le Sannoisien et les marnes supra-gypseuses ; la base de la haute masse du gypse a été atteinte à 34,50 m de profondeur, soit à la cote 109,67 (0 de la coupe ci-dessous).

0. Gypse saccharoïde à filet marneux. Gypse dur, rosâtre, renfermant de nombreux cristaux de gypse lenticulaire conique (voir Lacroix [1897]) (base de la « haute masse »).

Série infra-gypseuse (cote 109,67 à 108,17).

1. Marne blanche, calcareuse	0,10 m
2. Lit de gypse saccharoïde et marne gypseuse grisâtre	0,05
3. Banc de gypse à gros cristaux (gros sel)	0,15
4. Marne finement gypseuse	0,10
5. Banc de gypse saccharoïde, dur et gris, renfermant un lit de calcaire orange dans lequel s'intercale un filet de gypse finement cristallisé en très petits fers de lance.	0,60
6. Banc de gypse « pied d'alouette » (repère A).	0,35
7. Marne gypseuse et gypse saccharoïde renfermant un petit lit de gypse cristallisé, rubané	0,20
8. Banc de gypse saccharoïde, avec filets de calcaire et de gypse cristallisé, rubané ..	0,40
9. Lit de calcaire-marbre fin, très dur, à cas-	

* Note présentée à la séance du 20 novembre 1961.

1. Butte qui domine le confluent de la Seine et de l'Oise, vers le Nord-Ouest.

sures conchoïdales, beige ou très blanc (repère B).....	0,16
10. Argile marbrée, beige et verte, finement litée, passant vers la base à 12.....	0,20
11. Marne calcaire blanche, marbrée de jaune ou de vert, à empreintes de <i>Lucina inornata</i> et <i>Potamides perditus</i> var. côtelée se rapprochant de <i>P. scalaroides</i>	0,20
12. Lits de calcaire très dur, gypseux, cristallin, brun-marron foncé (repère C).....	0,15
13. Argile blanche traversée sur 3 cm (fin du forage) (sépiolite).	

La base de la haute masse du gypse est à la profondeur de 34,50 m, la marne à Lucines et à Potamides a été atteinte à 37 m, c'est-à-dire à 2,50 m sous le gypse.

B) VAUX-SUR-SEINE (Port-Maron) : affleurements à l'entrée des carrières.

J'ai retrouvé cette marne à Lucines, au-dessus de Port-Maron à Vaux-sur-Seine, intercalée dans les lits d'argile feuilletée, marbrée, avec lits de gypse saccharoïde et cristallisé (pied d'alouette).

Elle renferme également *Lucina inornata* DESH. et *Potamides perditus* BAYAN, en nids dans la marne.

Certains moulages sont si bien conservés qu'on remarque nettement l'ornementation ; on pourrait distinguer une espèce type (*Perditus*) et une variété côtelée se rapprochant de *P. scalaroides*.

L'affleurement ne permet pas de situer exactement la couche à Lucines par rapport au banc de gypse exploité souterrainement en raison de glissement sur les pentes. La coupe ci-après est située à quelques mètres sous l'entrée des exploitations souterraines.

Coupe de la tranchée d'accès aux installations de surface.

Entrée des galeries

1. Éboulis de marnes supra-gypseuses.	
2. Argile verdâtre, brune, feuilletée.....	0,50 m
3. Marne blanc-verdâtre, à passages durs, calcaires.....	0,20
4. Lits d'argile feuilletée, marbrée jaune et vert.....	0,10
5. Marne calcaire blanchâtre, sans fossile....	0,20
6. Banc de gypse cristallisé, pied d'alouette (repère A).....	0 à 0,30
7. Lits d'argile feuilletée, marbrée jaune et vert.....	0,05
8. Banc de gypse saccharoïde.....	0,15
9. Lits d'argile feuilletée, compacte.....	0,05
10. Banc de marne calcaire à empreintes de groupes <i>Lucina inornata</i> DESH. et <i>Potamides perditus</i> BAYAN type, et variété côtelée.	
11. Argile feuilletée, marbrée de jaune et de vert, sur.....	0,10

C) BOISEMONT. — Un sondage a été exécuté près du château, au croisement des chemins

forestiers d'Écancourt-Boisemont et Jouy-le-Moutier-L'Hautil. Feuille de Pontoise au 50 000^e. — Coord. Lambert : X = 576,28 ; Y = 146,65 ; Z = 155,20.

Le sondage a traversé les Sables de Fontainebleau, le Sannoisien et les marnes supra-gypseuses, la base de la haute masse a été atteinte à 50,30 m de profondeur, c'est-à-dire à la cote 104,90.

Le gypse (haute-masse) a été traversé sur 4,40 m. Nous donnons ci-dessous le détail des terrains rencontrés. —

0. Gypse saccharoïde (haute masse ou 1^{re} masse pour mémoire).

Série infra-gypseuse (cote 104,90 à 102,02).

1. Marne gypseuse bleuâtre ou gris sombre, à petits lits de gypse saccharoïde sableux, impur.....	0,40 m
2. Gypse saccharoïde.....	0,20
3. Gypse (pied d'alouette) (repère A).....	0,20
4. Gypse saccharoïde.....	0,05
5. Banc de calcaire-marbre blanchâtre à cassures esquilleuses (repère B).....	0,10
6. Argile marbrée, ferme (type marne à Lucines).....	0,08
7. Argile blanche ou crème.....	0,20
8. Banc de calcaire dur, gypseux, brun-marron (repère C).....	0,10
9. Lit d'argile feuilletée, lustrée.....	0,15
10. Marne blanche, magnésienne.....	0,15
11. Lit d'argile feuilletée, lustrée.....	0,07
12. Argile marneuse, crème ou mastic, marbrée de bleuâtre.....	0,50
13. Banc de calcaire très dur, marbré de gris clair, passant à du gris bleu foncé (faciès flambe).....	0,10
14. Marne calcaire jaunâtre, tachetée de jaune, à filets d'oxyde de fer et moulages de Mollusques marins : <i>Venericardia sulcata</i> et <i>Meretrix</i> ou <i>Marcia</i>	0,10
15. Marne argileuse ocre, marbrée de jaune et de bleu.....	0,40

Le niveau marin (14) est situé à la cote 103, à 2,30 m seulement sous la haute masse du gypse.

Nous remarquerons la correspondance entre le sondage de Fortvache et celui de Boisemont, pourtant éloignés l'un de l'autre de près de 3 km, dans lesquels on retrouve les trois repères.

Les repères A, B et C qui se retrouvent de part et d'autre de la butte de L'Hautil, vont nous permettre de situer la faune marine rencontrée dans le forage de L'Hautil (bois de la Roche).

D) L'HAUTIL (bois de la Roche). Feuille de Pontoise au 50 000^e — Coord. Lambert : X = 576,16 ; Y = 145,50 ; Z = 143,18.

Le gypse n'a pas été rencontré au bois de la Roche, bien que le sondage ait débuté dans les Sables de Fontainebleau, puis traversé les assises

supra-gypseuses et le sommet des assises infra-gypseuses (marnes et calcaires infra-gypseux).

Le gypse a complètement disparu par dissolution, ce qui explique la superposition dans certains cas, et en particulier au forage du bois de la Roche, des assises supra-gypseuses sur la série infra-gypseuses² (lesquelles sont cependant bien différenciées par leur structure et la présence des bancs repères, déjà reconnus dans les coupes continues Fortvache-Boisemont).

Le repère C (banc de calcaire, dur, gypseux, marron) a été reconnu à 36 m de profondeur, le sondage a traversé ensuite (carotte de 36 à 37,20 m) :

1. Argile ferme, marbrée verte et ocre (type des argiles feuilletées à Lucines).....	0,40 m
2. Marne argileuse, puis calcaire blanchâtre, à nombreuses empreintes de Mollusques marins	0,50
3. Banc de calcaire crème, parcouru de filets d'oxyde de fer (type argile à Lucines)...	0,20

Les Mollusques ont été recueillis à la cote 107 dans la marne 2 de ce forage (détermination de R. Soyer). C'est également ce niveau qui a fourni des *Venericardia sulcata* au forage voisin de Boisemont. Ce sont :

Sphaenia passyana DESH., (*Corbulomya nysti* ?), *Corbula minuta* DESH., *C. costata* SOW., *Cardium granulolum* LMK., *Venericardia sulcata* SOL., *Ampullina parisiensis* D'ORB., *Cerithium lamellosum* var. *oehlerti* BOUS-SAC, *Potamides tricarinatus* var. *vouastensis* MUN.-CH.

POSITION STRATIGRAPHIQUE DES MOLLUSQUES LUDIENS DANS LA BUTTE DE L'HAUTIL. — Du seul point de vue malacologique, la faune à *Lucina inornata* et *Potamides perditus* se place au niveau des marnes à Lucines des coupes classiques.

La faune marine à *Potamides tricarinatus*, *Cardium granulolum* etc..., située à 1 m environ sous la précédente et sous le banc repère C, est spéciale. Elle se rapproche de celle des assises du Vouast par certains Mollusques, mais s'en distingue par l'absence des formes suivantes, communes dans les gisements classiques : *Batillaria rustica*, *Crassatella*, *Bayania*, *Marginella*, *Dissostoma*.

Elle diffère également des assises à *Pholadomya ludensis* de Cormeilles-en-Parisis, que l'on trouve à l'extrême base du Ludien.

Nous avons d'ailleurs vu que ces faunes sont situées à 3 m au maximum sous la haute masse du gypse, alors que l'ensemble de la série infra-gypseuse est épaisse de 10 m.

Même en admettant une légère réduction de l'épaisseur vraie des assises par dissolution des petits bancs de gypse intercalés, on est cependant

à peu près certain que cette faune se situe, au moins, dans la moitié supérieure des assises infra-gypseuses.

Les marnes argileuses marbrées et argiles feuilletées qui renferment cette faune correspondent au faciès des marnes à Lucines et aux marnes d'entre-deux-masses.

On peut donc admettre que la faune marine de L'Hautil est stratigraphiquement située au niveau des marnes à Lucines.

Rappelons que des Mollusques marins ont été signalés dans les marnes d'entre-deux-masses à Romainville : *Potamides tricarinatus* var. *vouastensis*, et un *Cerithe* (*Potamides*) du groupe *pleurotomoides*. Des formes marines ou laguno-marines ont été également signalées dans les marnes à Lucines : *Corbulomya*, *Nucula*, *Cerithium*, *Mesalia* (*Turritella*) *incerta* [Courty et Hamelin 1908 ; Dollot, Godbille et Ramond 1905 ; Soyer 1959].

CONCLUSIONS. — Les marnes infra-gypseuses de la butte de L'Hautil renferment deux niveaux fossilifères, à 3 m environ sous la haute masse du gypse.

L'un, caractérisé par *Potamides perditus*, *Corbulomya nysti* et *Lucina inornata*, correspond au niveau des marnes à Lucines.

L'autre, situé à quelques décimètres sous le premier, franchement marin, appartient également à la série des marnes à Lucines, bien qu'ayant des affinités certaines avec les assises du Vouast généralement placées à la base de la série gypseuse (Ludien).

Cette assise fossilifère qui renferme *Potamides tricarinatus*, *Cardium granulolum*, *Ampullina parisiensis*, etc... est séparée des Sables de Monceau (sommet des Sables de Cresnes) par 6 à 7 m de marnes et de calcaires sans fossile qui représentent les assises inférieures du Ludien des coupes classiques de Sannois — Cormeilles-en-Vexin : assises à *Pholadomya ludensis* — 4^e et 3^e masses du gypse avec les marnes et argiles qui s'y rattachent.

Ce niveau correspond à une incursion marine dans les assises infra-gypseuses laguno-continentales, comparable à celles que l'on retrouve dans les assises lacustres de Saint-Ouen (voir L. Feugueur [1952]).

Ces incursions marines, entre les bancs de gypse, correspondent à des mouvements de subsidence, comme l'a indiqué G. Deicha [1943, p. 401] dans son étude sur le gypse.

2. Voir à propos de la disparition du gypse L. Feugueur [1959].

Bibliographie.

- ABRARD R. (1950). — Géologie régionale du bassin de Paris. Paris, Payot édit.
- COURTY G. et HAMELIN L. (1908). — Géologie du bassin de Paris. *C. R. Congr. Ass. fr. Av. Sc. (A. F. A. S.)*, Clermont-Ferrand, hors vol., 65 p., 6 pl.
- DOLLOT A., GODBILLE P. et RAMOND G. (1905). — Les grandes plâtrières d'Argenteuil (S.-et-O.). *Mém. Soc. géol. France*, Géol., 4^e sér., n° 1.
- DEICHA G. (1943). — Réduction des masses inférieures du gypse vers l'Ouest du bassin tertiaire parisien. *B. S. G. F.*, (51), XIII, p. 395-402.
- FEUGUEUR L. (1952). — Présence de caillasses à *Potamides tricarinatus* au sommet des calcaires de Saint-Ouen à Herblay (S.-et-O.). Réflexions sur la valeur stratigraphique et la synchronisation de certains termes bartoniens. *Ibid.*, (6), II, p. 373-378, 1 fig.
- (1955). — Géologie de la feuille de Pontoise au 50 000^e. *Bull. Serv. Carte géol. France*, t. LIII, n° 245.
- (1959). — Géologie de la feuille de Méru au 50 000^e. *Ibid.*, t. LVI, n° 256.
- GOUBERT E. (1860 a). — Fossiles dans les marnes d'Entre-Deux-Masses. *B. S. G. F.*, (2), XVII, p. 600-601.
- (1860 b). — Schistes à Lucines dans le gypse d'Argenteuil (S.-et-O.). *Ibid.*, (2), XVII, p. 812-818.
- LACROIX A. (1897). — Le gypse de Paris et les minéraux qui l'accompagnent. *Nouv. Arch. Muséum*, t. IX, p. 201-296, pl. VIII-XVI.
- LEMOINE P. (1911). — Géologie du bassin de Paris. Paris, A. Hermann et fils, édit.
- SOYER R. (1953). — Géologie de Paris. *Mém. Expl. Carte géol. dét. France*.
- (1959). — Carte géologique de l'Isle-Adam au 50 000^e. Paris, Serv. Carte géol. France.

Observation.

M. G. DEICHA, qui avait étudié les plâtrières de L'Hautil il y a une vingtaine d'années, tient à souligner l'intérêt majeur de la découverte de M. L. Feugueur pour la compréhension de la sédimentation gypseuse. Ce travail

attire une fois de plus l'attention sur l'intérêt d'un examen complet des échantillons de forage, en particulier dans des régions où les affleurements sont rares et les carrières limitées à certaines assises.

LÉGENDE DE LA PLANCHE XVIII.

- FIG. 1. — *Sphaenia passyana* DESH. (forage du bois des Roches).
- FIG. 2. — *Corbulomya nysti* ? et *Lucina inornata* dans une marne argileuse marbrée (forage de Fortvache).
- FIG. 3. — *Corbula minuta* DESH. (forage de Fortvache).
- FIG. 4. — *Corbula costata* Sow. (forage du bois des Roches).
- FIG. 5. — *Cardium granulosum* LMK (forage du bois des Roches).
- FIG. 6 à 8. — *Venericardia sulcata* SOL. (6 et 7 : forage du bois des Roches ; 8 : forage de Boisemont).
- FIG. 9. — *Cerithium lamellosum* var. *oehlerti* BOUSSAC (forage du bois des Roches).
- FIG. 10. — *Ampullina parisiensis* D'ORB. (forage du bois des Roches).
- FIG. 11. — *Potamides tricarinatus* var. *vouastensis* MUN.-CHAL. (forage du bois des Roches).
- FIG. 12 et 13. — *Potamides perditus* BAYAN (forage de Fortvache).

Détermination R. Soyer. Tous les échantillons $\times 3$.

Echinides éocènes de la région d'Eskişehir (Anatolie occidentale)

par Jean ROMAN*.

PLANCHE XIX.

Sommaire. — Description de sept espèces appartenant aux genres *Echinolampas*, *Conoclypeus*, *Ditremaster*, *Lutetiaster* et *Macropneustes*. *E. dilatatus* Ag. est considéré comme équivalent de *E. affinis* (auctorum, non GOLDFUSS). Cette faune est d'âge lutétien.

Le matériel étudié ici m'a été confié par M. G. Filliat. Il provient de la région d'Eskişehir, ville située au NW de l'Anatolie et faisant partie de l'ancienne province de Phrygie. La plupart des échantillons ont été récoltés à 10 km au SE de Seyitgazi¹, localité elle-même à environ 40 km au SE d'Eskişehir².

Les Échinides nummulitiques de la Turquie n'ont fait l'objet que de peu de publications spéciales. On peut citer seulement d'Archiac [1866, 1868], Stchepinsky [1946], Pinar [1951, 1954], Pinar et Roman [1954]. Il est donc intéressant de faire connaître la faune récoltée par M. Filliat.



FIG. 1. — Croquis de situation.

Le matériel étudié comprend environ soixante-dix spécimens, d'une conservation souvent déficiente, dont l'essentiel appartient au genre *Echinolampas*. Le nombre d'espèces déterminables n'est que de sept, toutes rapportées à des formes déjà connues ailleurs.

Echinolampas dilatatus AGASSIZ.

Pl. XIX, fig. 1.

1839. *Echinolampas dilatatus* AGASSIZ [p. 61, pl. 13 bis, fig. 5-6].

1858. *E. affinis* DESMOULINS, grande variété syn. *E. dilatatus* Ag. in Desor [p. 302].

1865. *E. affinis* DESML. var. *dilatatus* Ag. in Ooster [p. 75, pl. 14, fig. 1-2].

1875. *E. affinis* (GOLDF.) Ag. in de Loriol [p. 65, pl. 7, fig. 6-7, pl. 8, fig. 1].

* Note présentée à la séance du 4 décembre 1961.

1. Dans le petit massif de Akak Tepe, entre Hanköy et Iskan-kuyuköy.

2. Pour toute précision supplémentaire, on se reportera à : FILLIAT G. (1961) : Contribution à l'étude géologique de la Phrygie septentrionale (Turquie). Paris, Thèse Doct. Sc. nat.

DIMENSIONS³ :

	Selon de Loriol	Selon N. Pinar	Ex. figuré
L.....	48-70	51	54,5
l.....	—	47,5	49,4
l/L.....	86-91	93	91
h.....	—	22	20,6
h/L.....	42-45	43	38
d _a	—	—	23
d _a /L.....	43	—	41

Cette espèce correspond sensiblement à *E. affinis* (*auctorum non GOLDFUSS*), que je crois nécessaire de distinguer d'*E. affinis* (GOLDFUSS) sous un nom différent, même si on préfère la considérer comme une variété d'un grand *E. affinis lato sensu*. Je lui rapporte la presque totalité des cinquante exemplaires de ce genre figurant dans mon matériel.

E. dilatatus a été très longtemps méconnu et confondu avec *E. affinis* (GOLDFUSS 1826), alors que les deux espèces n'ont ni le même âge, ni la même répartition géographique. Le premier se rencontre dans l'Éocène moyen (Lutétien supérieur) de Suisse (canton de Schwyz essentiellement) et de quelques autres localités de l'Europe moyenne ou méridionale, le deuxième dans l'Éocène supérieur (Lédien) de Belgique et du Nord de la France (Cassel). La meilleure figuration de l'espèce, correspondant au type décrit et figuré par Agassiz, est celle d'Ooster [1865, pl. 14, fig. 2].

Voici selon moi la diagnose d'*E. dilatatus* :

Assez grande espèce, au contour oblong, dilaté, au sommet situé en arrière de l'apex, celui-ci étant petit, plus ou moins excentrique en avant ; face inférieure plane, déprimée autour du péristome, qui est excentrique en avant ; périprocte infra-marginal ; pétales assez développés, très longs, peu flexueux, aux zones porifères peu inégales.

Après Desor et Ooster, de Loriol a réuni *E. dilatatus* à *E. affinis* (GOLDFUSS) et désormais il n'en sera plus fait mention. Mais l'*E. affinis* des auteurs correspond la plupart du temps à l'espèce de de Loriol, c'est-à-dire à *E. dilatatus*. C'est ainsi que les *E. affinis* décrits par M. Collignon [1930] en Carinthie sont selon moi des *E. dilatatus*. Il en est peut-être de même pour les *E. affinis* signalés en Thrace turque (région de Çatalca) par N. Pinar [1951].

Le véritable *E. affinis* (GOLDFUSS) *stricto sensu* se distingue par son contour moins allongé et ses pétales plus flexueux.

Les échantillons de Phrygie rapportés à l'espèce sont tous en mauvais état de conservation, la plupart privés de leur test, partiellement ou en totalité, et plus ou moins déformés ou écrasés.

Ils ne se prêtent donc pas à une étude biométrique. On peut cependant en donner la description suivante :

Taille moyenne à assez grande (36 mm à au moins 65 mm). Contour régulièrement arrondi, rarement rétréci en arrière, presque circulaire ou plus ou moins oblong. Face apicale basse, uniformément bombée, sans sommet très sensible. Apex légèrement antérieur, petit. Pétales longs, droits, étroits, les latéraux très divergents (environ 140°), aux zones porifères nettement inégales, la zone interporifère étant aussi large que les deux zones porifères réunies. Ambitus situé très près du plan de base. Bords arrondis, mais généralement peu épais. Face orale presque plane, le plus souvent non pulvinée, déprimée faiblement vers le centre. Péristome peu antérieur, de contour peu distinctement pentagonal, plutôt en amande. Floscelle peu développé : bourrelets insensibles, phyllodes à plaques toutes semblables, régulièrement empilées. Périprocte s'ouvrant sous le bord postérieur, infère, non ou à peine visible de l'arrière. Vestiture : tubercules très petits, serrés, au nombre de trois dans la largeur de la zone interporifère.

Par rapport aux exemplaires typiques du canton de Schwyz (notamment d'Yberg), les échantillons de Phrygie se distinguent surtout par l'inégalité plus grande des zones porifères de leurs pétales.

RÉPARTITION. — Sans prétendre à être exhaustif, on peut énumérer les localités suivantes : Alpes suisses (canton de Schwyz surtout) ; Carinthie ; Hongrie (Halimba) (d'après un exemplaire obligeamment envoyé par M^{me} Szörényi) ; Transylvanie [Koch, 1885] ; Thrace turque (?).

Echinolampas cf. linaresi COTTEAU.

Pl. XIX, fig. 2.

1890. *Echinolampas linaresi* COTTEAU [pl. 10, fig. 4-6 (non p. 77)].

1890. *E. lucentinus* COTTEAU [p. 78 (non pl. 10, fig. 7-9)].

DIMENSIONS³ :

	Type	Autre exemplaire ⁴	Ex. étudié
L.....	52	37	30,5
l.....	46	31	26,5
l/L.....	88	84	87
h.....	26	17	14,7
h/L.....	50	46	48

3. Elles sont exprimées en mm. L = long., l = larg., h = haut, d_a = distance du centre de l'apex au bord antérieur.

4. Collection de l'Institut de Paléontologie du Muséum.

Cette espèce a subi lors de sa création une fâcheuse intervention avec *E. lucentinus*, sa description figurant sous ce dernier nom, tandis que celle d'*E. lucentinus* figure sous le nom d'*E. linaresi*. Cependant la légende des planches est correcte et ne laisse aucun doute sur l'attribution respective des exemplaires figurés, qui est corroborée par les étiquettes manuscrites de la collection Cotteau.

Deux spécimens d'Anatolie, de petite taille, lui sont rapportés, mais un seul avec un degré de certitude suffisant. En effet il présente les principaux caractères de l'espèce : contour à peu près semblablement arrondi en avant et en arrière avec les bords latéraux très faiblement arqués ; pétales rectilignes et étroits, aux branches très inégales, les latéraux faisant entre eux un angle très grand (voisin de 135°) ; forme en amande du péristome. Comme différences, relevons le contour nullement rétréci en arrière, les flancs un peu moins abrupts, la face orale un peu déprimée et surtout la vestiture : tubercules beaucoup moins serrés.

RÉPARTITION. — *E. linaresi* caractérise le Lutétien de la province d'Alicante (Espagne).

Conoclypeus pinguis DUNCAN et SLADEN.

Pl. XIX, fig. 3.

1884. *Conoclypeus pinguis* DUNCAN et SLADEN [p. 126, pl. 23, fig. 7-11].

1906. *C. pinguis* DUNCAN et SLADEN in Vredenburg (le nom seulement).

1926. *C. pinguis* DUNCAN et SLADEN in Davies [p. 366].

DIMENSIONS ^{3,5} :

	Type	Ex. étudié
L.....	94	92
l.....	80	73,5
l/L.....	85	80
h.....	56	52,5
h/L.....	59	57
b/L.....	16,5	11
a ₂ /a ₂	11	12

Deux exemplaires sont à rapporter à l'espèce, dont le plus petit servira seul à la description, l'autre étant comprimé et déjeté latéralement. L'échantillon figuré ici correspond bien à *C. pinguis*. On peut cependant relever les différences suivantes par rapport au type.

Face supérieure un peu moins bombée, surtout dans l'interambulacre postérieur qui est qualifié de subcaréné chez le type (mais il faut noter la mauvaise conservation de mon exemplaire dans cette région du test) ; face orale apparemment moins plane (la remarque précédente

étant applicable ici aussi). La différence essentielle est dans la moindre largeur des pétales (11 % de la longueur du test au lieu de 16,5 % selon Davies), et le moindre développement de leurs zones porifères.

RÉPARTITION. — *C. pinguis* a été trouvé dans le Sind occidental, probablement dans le Middle Khirthar, équivalent du Lutétien moyen selon Vredenburg [1906]. Plus récemment M. Furon [1941, 1959] assimile la série de Khirthar au Lutétien supérieur. Mais selon Krishnan [1960] elle correspondrait à l'Éocène moyen et à l'Éocène supérieur (Auversien-Bartonien).

Une espèce de *Conoclypeus*, *C. flemingi* D'ARCH. et HAIME, a déjà été signalée en Anatolie [d'Archiac, 1866], sans indication de localité. Mais cette espèce de l'Inde n'a pas été retrouvée [Davies, 1943, p. 72] et son attribution générique est incertaine [Cotteau, 1891, p. 214].

Ditremaster cf. digonus (D'ARCHIAC).

Pl. XIX, fig. 4.

1853. *Hemiaster digonus* D'ARCHIAC in d'Archiac et Haime [p. 220, pl. 15, fig. 10 a-c].

1868. *H. digonus* D'ARCHIAC [p. 463, pl. 24 b, fig. 11 a-c].

1884. *H. digonus* D'ARCH. in Duncan et Sladen [p. 200, pl. 35, fig. 4-9].

1943. *H. digonus* D'ARCH. in Davies [p. 70].

1951. *Ditremaster digonus* D'ARCH. et HAIME in Mortensen [p. 398].

DIMENSIONS ³ :

	Selon Davies	Ex. étudié
L.....	—	23,6
l.....	—	21,8
l/L.....	—	92
h.....	—	15,3
h/L.....	66	65

Un exemplaire est rapporté à cette espèce malgré ses pétales latéraux sensiblement rectilignes, au lieu d'être un peu incurvés vers le pétale impair. Les autres caractères concordent assez bien. Notons cependant la taille relativement grande pour l'espèce (pas plus de 20 mm selon Duncan et Sladen), le contour polygonal, l'étroitesse du sillon antérieur et la très faible excentricité postérieure de l'apex, ces deux derniers caractères étant très variables selon Duncan et Sladen, de même que la forme plus ou moins renflée du test. A cet égard l'exemplaire étudié est à rapprocher de la forme figurée par

5. *b* = larg. maximale du pétale ; *a₂* = long. du pétale latéral ; *a'₂* = long. du pétale postérieur.

d'Archiac et Haime, moins renflée et aussi moins dilatée que l'individu des fig. 4-6 de Duncan et Sladen. Davies faisait d'ailleurs la même remarque pour ses échantillons du district de Kohat (Punjab).

RÉPARTITION. — *Ditremaster digonus* provient du Laki supérieur (Upper Laki Limestone), le Laki étant équivalent du Lutétien inférieur selon M. Furon [1941, 1959] ou de l'Éocène inférieur *stricto sensu* (Yprésien) selon Krishnan [1960]. Il est connu dans le Sind occidental (d'Archiac et Haime, Duncan et Sladen), le Punjab (Davies) et en Bulgarie (près de Kardjali en Thrace selon d'Archiac [1868], mais Ilieva-Vergilova [1956], qui ne cite pas l'espèce, attribue un âge priabonien à la faune de cette localité). Fourtau [1913, p. 146] a signalé aussi *D. cf. digonus* (*Opisaster*) dans l'Éocène moyen d'Égypte (plateau lybique).

Lutetiaster subglobosus (LAMARCK).

Pl. XIX, fig. 5.

1816. *Spatangus subglobosus* LAMARCK (n° 33).
 1865. *Periaster subglobosus* DESOR in Ooster [p. 109, pl. 26, fig. 5 (moule T 95) (non fig. 6-8)].
 1886. *Linthia subglobosa* (LMK) DESOR in Cotteau [p. 209, pl. 59 et 60].
 1930. *Lutetiaster subglobosus* (LMK) DESOR in Collignon [p. 563, pl. 32, fig. 2 a-b].

DIMENSIONS ³ :

	Selon Cotteau		Ex. étudié
L.....	40	55	47,5
l.....	41,5	55	49
l/L.....	104	100	103
h.....	28	29	30
h/L.....	70	53	63

Un seul spécimen se rapporte avec certitude à cette espèce. Il y a lieu de noter les caractères suivants par lesquels il s'en écarte quelque peu : thèque plus déclive et moins renflée dans sa partie antérieure (en avant de l'apex), d'où un aspect moins massif ; sinus échancrant le bord antérieur plus accusé, plastron plus saillant à la face orale. Signalons que les pores de l'ambulacre impair sont placés dans de petites dépressions. Néanmoins cet exemplaire est bien conforme à celui qu'a figuré Cotteau à sa planche 59.

RÉPARTITION. — L'espèce a été fréquemment citée, le plus souvent dans le Lutétien supérieur. Il faut toutefois retrancher de la synonymie les individus des Alpes de Schwyz [de Loriol, 1875, p. 103, pl. 18, fig. 1-5], (= *L. ybergensis* DE LORIOL).

Principales localités : bassin de Paris, Loire-Atlantique, Gironde, Landes, Carinthie. De Loriol [1877] signale « ? *Linthia subglobosa* (LMK) DESOR » en Crimée.

Lutetiaster vilanovae (COTTEAU).

Pl. XIX, fig. 6.

1890. *Linthia vilanovae* COTTEAU [p. 28, pl. 3, fig. 9-13].
 1894. *L. vilanovae* COTTEAU [p. 684, pl. 367, fig. 2-5].
 1935. *Lutetiaster vilanovae* COTTEAU in Lambert [p. 370].

DIMENSIONS ³ :

	Type (selon Cotteau)	Ex. étudié
L.....	36	39,5
l.....	36	41,5
l/L.....	100	105
h.....	23	24,7
h/L.....	64	62

Sur une demi-douzaine de spécimens rapportés à cette espèce, un seul est dans un état de conservation suffisant, encore est-il loin de montrer tous les caractères. Il semble relativement bien conforme au type de Cotteau.

RÉPARTITION. — *L. vilanovae* a été trouvé dans le Lutétien de la province d'Alicante et celui de l'Aude (Alaric). *L. heberti* (COTTEAU), qui en est extrêmement voisin selon Lambert, a une répartition géographique plus vaste, principalement dans le Lutétien (Biarritz, Aude, Aragon, province d'Alicante, Carinthie ; Cuvillier [1930] cite même *L. aff. heberti* en Égypte).

Macropneustes cf. brissoides (AGASSIZ).

1847. *Eupatagus brissoides* AGASSIZ in Agassiz et Desor [p. 116].
 1868. *Macropneustes brissoides* LESKE in Laube [p. 33, pl. 7, fig. 2].
 1886. *M. brissoides* (LESKE) in Cotteau [p. 148, pl. 36, 37, 38].
 1920. *M. brissoides* (AGASSIZ) in Castex et Lambert [p. 57].

Un seul exemplaire, de conservation laissant à désirer, est à rapporter à cette espèce. Il est à rapprocher surtout du type de Laube, qui semble bien constituer la première figuration de l'espèce.

M. brissoides a été très fréquemment figuré et cité par la suite. Il semble caractériser essentiellement le Lutétien, surtout le Lutétien supérieur.

RÉPARTITION. — Principales localités : France (Biarritz, Landes), Catalogne, province d'Alicante, Vicentin, Carinthie, Hongrie.

*
* *

Aux espèces précédentes il faut ajouter les mentions de *Schizaster* (?) sp., pour un fragment indéterminable, et de *Eupatagus* sp. pour un échantillon trop mal conservé pour qu'on puisse reconnaître ses affinités avec certitude.

Conclusions.

L'essentiel des résultats stratigraphiques est résumé dans le tableau de répartition des espèces. Les localités ont été énumérées en allant de l'Ouest vers l'Est, et les différentes espèces disposées de façon à montrer leur aire d'extension plus ou moins occidentale ou orientale.

De l'ensemble de ce tableau il résulte que l'âge

lutétien de cette faune ne peut faire aucun doute. Peut-être même peut-on avancer l'hypothèse d'un âge lutétien supérieur.

Les affinités semblent beaucoup plus avec l'Europe occidentale qu'avec l'Europe orientale. Deux espèces seulement sont communes avec la Thrace, *E. dilatatus* et *D. digonus*, mais l'âge

	<i>Echinolampas linaresi</i>	<i>Macropneustes brissoides</i>	<i>Lutetaster villanovi</i> et <i>L. heberti</i>	<i>Lutetaster subglobosus</i>	<i>Echinolampas dilatatus</i>	<i>Ditremaster digonus</i>	<i>Conoclypeus pinguis</i>
Alicante	Lut.	Lut.	Lut.				
Catalogne.....		Lut.					
Aragon		Lut. sup.	Lut. inf.				
Biarritz		Lut. moy.	Lut. sup.				
Landes.....				Lut. sup.			
Gironde.....				Lut. sup.			
Aude.....			Lut. inf.				
Loire-Atlantique ...				Lut. moy.			
Bassin de Paris				Lut.			
Schwyz					Lut. sup.		
Vicentin		Lut. moy.					
Carinthie		Lut. sup.	Lut. sup.	Lut. sup.	Lut. sup.		
Hongrie		Lut. sup.			Lut.		
Transylvanie					Lut. sup. ou Léd. Lut. (?)		
Thrace			Lut. sup.			Pr. (?)	
Égypte						Lut.	
W Sind.....						Lut. inf.	Lut. sup.
Punjab						Lut. inf.	

Tableau de répartition des espèces.

Lut. inf. = Lutétien inférieur ; Lut. moy. = Lutétien moyen ; Lut. sup. = Lutétien supérieur ;
Léd. = Lédien ; Pr. = Priabonien.

lutétien du premier y est douteux (M. Furon [1953] ne cite pas de faune d'Oursins dans le Lutétien de cette région) ; quant à l'autre, il serait priabonien (?).

Il n'y a pas de rapport avec l'Éocène d'Has-kovo (Bulgarie du Sud), qui serait d'ailleurs du Priabonien [Karagjuleva 1956], non plus qu'avec

celui de Sarnena-Gora (SE de la Bulgarie) [Bonev, 1947], ni avec celui de Varna [Gocev, 1933]. Vers le Sud, il n'y a rien de commun avec l'Éocène (Lutétien ?) de l'île de Rhodes [Venzo, 1934], mais on doit noter l'existence d'une terre émergée, l'Égée Sud, entre les deux régions [Furon, 1950].

On doit souligner aussi la présence de deux espèces de l'Inde occidentale.

En résumé on retiendra le caractère peu diversifié de cette faune (petit nombre d'espèces) et ses affinités surtout occidentales. A la suite de l'étude d'une faune de Thrace, N. Pinar [1951] est parvenue à des conclusions analogues sur ce dernier point, encore que les affinités avec la Bulgarie n'aient pas été indiquées et que l'âge

lutétien de l'ensemble de cette faune ne soit pas prouvé⁶.

6. Il ressort de l'étude de M. Akartuna (Sur la géologie de la région de Çatalça-Karacaköy. *Rev. Fac. Sc. Univ. Istanbul*, sér. B, t. XVIII, 1953, p. 183) que les Échinides en question proviennent de deux niveaux, dont le supérieur est assurément priabonien.

Bibliographie.

- AGASSIZ L. (1839). — Description des Échinodermes fossiles de la Suisse. 1^{re} partie : Spatangoides et Clypeastroides. *Mém. Soc. helv. Sc. nat.*, vol. III.
- AGASSIZ L. et DESOR P. (1847). — Catalogue raisonné des Échinides. *Ann. Sc. nat.*, t. 7.
- ARCHIAC A. D' (1866). — In P. DE TCHIHATCHEFF Asie Mineure. Description physique de cette contrée. Paléontologie par A. D'ARCHIAC, P. FISCHER et E. DE VERNEUIL. Paris, L. Guérin.
- (1868). — In A. VIKESNEL, Voyage dans la Turquie d'Europe, ou description physique et géologique de la Thrace, t. II, Paléontologie. Paris.
- ARCHIAC A. D' et HAIME J. (1853). — Description des animaux fossiles du groupe nummulitique de l'Inde. Paris, Gide et Baudry.
- BONEV Z. (1947). — La géologie d'une partie de Sarnenagora à l'W du Stara-Sagora. *Rev. Soc. géol. bulg.*, vol. 15-19, p. 71 (en bulgare).
- CASTEX L. et LAMBERT J. (1919). — Révision des Échinides des falaises de Biarritz. *Actes Soc. linn. Bordeaux*, t. 71, p. 117-196, 2 pl.
- COLLIGNON M. (1930). — Beitrag zur Kenntniss der eozänen Echinidenfauna des Krappfeldes (Kärnten). *Jahrb. geol. Bundesanst. Wien*, Bd 80, p. 541.
- COTTEAU G. (1885-1889). — Paléontologie française ou description des fossiles de la France. Terrain tertiaire. T. I : Échinides éocènes. Paris, G. Masson.
- (1889-1894). — Paléontologie française. Terrain tertiaire, t. II : Échinides éocènes. Paris, G. Masson.
- (1890). — Échinides éocènes de la province d'Alicante. *Mém. Soc. géol. France*, Géol., 3^e sér., t. V, n° 2.
- CUVILLIER J. (1930). — Révision du Nummulitique égyptien. *Mém. Inst. Égypte*, t. 16.
- DAVIES L. M. (1926). — Remarks on the known Indian species of *Conoclypeus*, with descriptions of two new species from the Eocene of North-West India. *Rec. geol. Surv. India*, vol. 59, p. 358.
- (1943). — Tertiary Echinoidea of the Kohat-Potwar Basin. *Quart. Journ. geol. Soc. London*, vol. 99, p. 63.
- DESOR E. (1858). — Synopsis des Échinides fossiles. Paris, Ch. Reinwald ; Wiesbaden, Kreidel et Niedner.
- DUNCAN P. M. et SLADEN W. P. (1884). — Monographs of the fossil Echinoidea of western Sind. The fossil Echinoidea from the Khirthar series. *Paleontol. indica*, ser. XIV, vol. I, part. 3, fasc. III.
- FOURTAU R. (1913). — Description des Échinides fossiles recueillis par MM. W. F. Hume et John A. Ball dans le désert libyque et le Nord du désert arabe. *Mém. Inst. égypt.*, t. 6, fasc. 2.
- FURON R. (1941). — Géologie du plateau iranien. *Mém. Mus. nat. Hist. nat. Paris*, t. 7, fasc. 2, p. 177.
- (1950). — Les grandes lignes de la paléogéographie de la Méditerranée (Tertiaire et Quaternaire). *Vie et Milieu*, t. 1, n° 2. Paris, Hermann, Actual. scient. et indust.
- (1953). — Introduction à la géologie et à l'hydrogéologie de la Turquie. *Mém. Mus. nat. Hist. nat.*, nouv. sér., sér. C, Sc. Terre, t. III, fasc. 1.
- (1959). — La paléogéographie. Paris, Payot.
- GOCEV P. (1933). — Paleontologische und stratigraphische Untersuchungen über das Eocän von Varna. *Rev. Soc. géol. bulg.*, t. 5 (en bulgare, rés. allemand).
- ILIEVA-VERGILOVA D. (1956). — Échinides et Lamellibranches du Tertiaire inférieur de Kardjali, Bulgarie du Sud. *Godishnik Upr. geol. min. Prouch., Bulg.*, ser. A, t. 6, p. 49.
- KARAGJULEVA J. D. (1956). — Über die Stratigraphie des Paläogens von Haskovo. *Ibid.*, ser. A, t. 7, p. 75 (en bulgare, rés. allemand).
- KRISHNAN M. S. (1960). — Geology of India and Burma. 4^e éd. Madras, Higginsbothams (Private) Ltd.
- LAMARCK J.-B. P. A. DE (1816). — Histoire naturelle des Animaux sans vertèbres. T. III : Échinides. Paris, Verdière.
- LAMBERT J. (1935). — Sur quelques Échinides fossiles de Valence et d'Alicante communiqués par M. le Professeur Darder Pericas. *Bol. Soc. españ. Hist. nat.*, t. 35, p. 359.
- LAUBE G. C. (1868). — Ein Beitrag zur Kenntniss der Echinodermen des vicentinischen Tertiärgeländes. *Denkschr. k. Ak. Wissen. Wien, Math.-Nat. Kl.*, Bd 28, part. 2.
- LORIOL P. DE (1875). — Description des Échinides tertiaires de la Suisse. *Mém. Soc. paléont. suisse*, vol. II et III.
- (1877). — In E. FAVRE, Étude stratigraphique de la partie sud-ouest de la Crimée, suivie de la description de quelques Échinides de cette région. Genève, Bâle, Lyon, H. Georg.
- MORTENSEN Th. (1951). — A monograph of the Echinoidea. V. Spatangoida. 2. Amphisternata II. Copenhagen, C. A. Reitzel.
- OOSTER W. A. (1865). — Pétrifications remarquables des Alpes suisses. Synopsis des Échinodermes fossiles des Alpes suisses. Genève et Bâle, H. Georg.

- PINAR N. (1951). — Sur les Oursins de l'Éocène moyen de Catalca-Karacaköy (Trakkyä, Turquie). *B. S. G. F.*, (6), I, p. 35.
- (1954). — Vue d'ensemble sur les faunes échinologiques de Turquie. *C. R. XIX^e Congr. géol. intern. Alger*, fasc. 19, p. 109.
- PINAR N. et ROMAN J. (1954). — Échinides de Raman-dag (Turquie) (*Sismondia* aff. *saemanni* DE LORIO). *Bull. Mus. nat. Hist. nat.*, (2), t. 26, n^o 4, p. 561.
- STCHEPINSKY V. (1946). — Fossiles caractéristiques de Turquie. Ankara, M. T. A.
- VENZO S. (1934). — Di alcuni Echinodermi dell'Eocene dell'isola di Rodi. *Boll. Soc. geol. ital.*, vol. 53, p. 121.
- VREDENBURG E. (1906). — The classification of the Tertiary system in Sind with reference to the zonal distribution of the Eocene Echinoidea described by Duncan and Sladen. *Rec. geol. Surv. India*, vol. 34, p. 172.

LÉGENDE DE LA PLANCHE XIX.

- FIG. 1. — *Echinolampas dilatatus* AGASSIZ.
1 a : face apicale ; 1 b : face orale ; 1 c : profil droit.
- FIG. 2. — *Echinolampas* cf. *linaresi* COTTEAU.
2 a : face apicale ; 2 b : face orale ; 2 c : profil gauche.
- FIG. 3. — *Conoclypeus pinguis* DUNCAN et SLADEN.
3 a : face apicale ; 3 b : profil droit.
- FIG. 4. — *Ditremaster* cf. *digonus* (D'ARCHIAC).
4 a : face apicale ; 4 b : face orale ; 4 c : profil gauche.
- FIG. 5. — *Lutetiaster subglobosus* (Lmk).
5 a profil droit ; 5 b : face apicale.
- FIG. 6. — *Lutetiaster vilanovae* (COTTEAU).
6 a : face apicale ; 6 b : profil droit.

Tous les exemplaires figurés proviennent du Lutétien de la région d'Eskişehir. Ils sont figurés sensiblement grandeur nature et sont déposés à l'Institut de Paléontologie du Muséum (Paris).

Les écailles de Combecave, près de Cabasse (Var)

par Émile CASTOR, Henri MENNESSIER et Guy MENNESSIER*.

Sommaire. — Étude tectonique détaillée à la faveur de travaux miniers d'un système d'écailles intracutanées à la base du chevauchement de Vins en Provence.

La Provence a fait depuis longtemps l'objet d'études tectoniques de surface de plus en plus poussées. Cependant la possibilité d'examiner les structures en profondeur, à la faveur de travaux miniers, n'a été que rarement accordée, car elle suppose une collaboration étroite entre le mineur et le géologue. Cette condition a été remplie lors de l'exploitation de la mine de Combecave, à Cabasse, située à l'E de Brignoles, le long de l'Issole et à 2 km du confluent de cette rivière avec le Caramy. Comprenant tout l'intérêt des structures rencontrées, maintenant inaccessibles, M. J. Arnal, directeur de la Compagnie Péchiney à Brignoles, a bien voulu nous autoriser à utiliser pour la rédaction de cette note les relevés très détaillés effectués par l'un de nous (E. C.). Que M. J. Arnal trouve ici l'expression de nos profonds remerciements.

1. MISE EN PLACE DE LA RÉGION DE COMBECAVE DANS LA GÉOLOGIE LOCALE (fig. 1). — La mine de Combecave a été ouverte sur le flanc nord du synclinal de Vins, dirigé E-W et rempli de plusieurs dizaines de mètres de sables gréseux arkosiques à petits galets appartenant au Valdo-Fuvélien. Ces sables sont au toit de la bauxite qui faisait l'objet de l'exploitation. Les travaux de Ph. Zürcher [1891] et d'A. F. de Laparent [1938] ont montré que le synclinal était chevauché sur son flanc nord par le recouvrement de Vins dirigé vers le Sud. En ce qui concerne la structure de la région située au Nord du recouvrement, nous renverrons aux travaux des auteurs précédents, complétés par ceux de J. Aubouin [1953]. En gros, elle se compose de plis serrés en échelon, souvent réduits à un seul flanc écaillé et séparés par des failles normales ou inverses.

Au moment de la déformation majeure, à la limite Lutétien-Bartonien, la région se présentait de la manière suivante, à savoir : au Sud, le

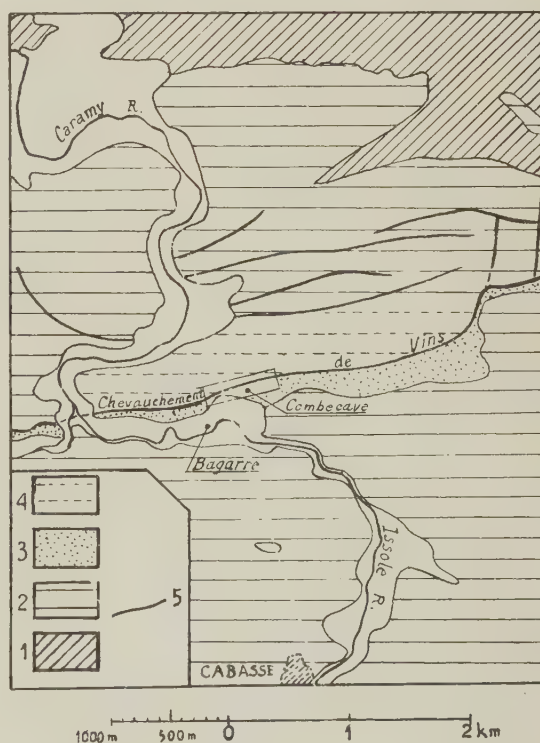


FIG. 1. — Schéma géologique de la région de Combecave d'après la feuille de Draguignan au 50 000°.

1 : Trias ; 2 : Bathonien-Rhétien ; 3 : bauxite et Valdo-Fuvélien ; 4 : zone des écailles de Combecave ; 5 : contacts anormaux principaux.

* Note présentée à la séance du 18 décembre 1961.

synclinal de Vins, déjà amorcé au Crétacé supérieur où il correspondait à l'extrémité de la vaste fosse sédimentaire du bassin de l'Arc ; au Nord, une zone jurassique remontant vers le Nord, au-dessus de l'arc triasique de Carcès déjà esquissé ; à la limite des deux une flexure plus ou moins accentuée. Les travaux de J. Aubouin [1953] et ceux réalisés par l'un de nous [G. Mennessier, 1959] un peu plus au Nord s'accordent à montrer l'importance de l'érosion dans l'intervalle Crétacé supérieur-Lutétien et l'existence très probable de failles et de déformations antérieures à la phase tectonique majeure, dans la région jurassique.

2. TECTONIQUE DE LA MINE DE COMBECAVE (fig. 2). — A Combecave, la série chevauchante de Vins se compose essentiellement d'une série renversée plongeant à 45° N environ, comprenant les marno-calcaires rhétiens, les dolomies cendrées hettangiennes, les calcaires à silex du Lias supérieur et le Dogger marno-calcaire à *Cancellophycus*, coiffé par les calcaires zoogènes jaune de miel du Bathonien supérieur qui constituent le mur de la bauxite. L'épaisseur de la série Rhétien-Dogger à *Cancellophycus* est de l'ordre de 300 m. En effet, le Dogger marno-calcaire qui vient au front du chevauchement est très réduit, son épaisseur n'atteignant plus que 60-100 m au lieu des 350-400 habituels. Entre le plan de chevauchement incliné de 35 à 45° N et la bauxite du synclinal vient une zone complexe d'écailles. A la base du recouvrement s'allonge à peu près parallèlement une première lame de calcaires bathoniens ; puis, perçant plus ou moins au jour, une série de petites écailles de Bathonien supérieur lardant la bauxite.

Les travaux souterrains ont parfaitement montré l'allure très complexe de ces derniers éléments. Un examen attentif a permis de reconnaître en profondeur, d'une part les contacts normaux où la bauxite repose normalement sur son mur karstifié de Bathonien supérieur, creusé de cupules et hérissés de grosses boules, et d'autre part les contacts anormaux soulignés de surfaces listriques, de zones broyées et de passées stériles. Il a également été possible de suivre pas à pas dans la bauxite le prolongement des contacts anormaux se marquant par des zones stériles broyées. Par contre, la mesure des pendages dans le mur a été plus délicate.

Les coupes de la figure 2 donnent une bonne idée de la structure. On y observe quatre écailles principales notées f^a à f^d , parfois accompagnées de cassures secondaires. Elles sont comprises entre l'amorce nord du fond du synclinal et la série

chevauchante de Vins avec son écaille subordonnée. Fait remarquable, ces écailles n'intéressent pas le toit sableux valdo-fuvélien, tandis que leurs prolongements dans la bauxite vont se raccorder avec la surface basale du toit. On notera sur la coupe 1, la plus occidentale, l'apparition anormale d'une écaille de Dogger à *Cancellophycus* surgissant du fond. Il s'agit du début d'un nouveau système d'écailles qui se développe à l'W de la mine de Combecave et s'observe bien au jour au N de la ferme Bagarre, mais n'a pas fait l'objet d'une étude en profondeur.

3. INTERPRÉTATION TECTONIQUE DES ÉCAILLES DE COMBECAVE. — L'un de nous (H. M.) a effectué des mesures au curvimètre sur les coupes de la figure 2. La contraction due à l'écaillage a été mesurée pour les écailles inférieures f^a , f^b , f^c . A l'Ouest, elle est de 425 m, puis elle décroît jusqu'à la coupe 3 (280 m) pour remonter à 440 m sur la coupe 4 et diminuer ensuite jusqu'à 80 m à l'Est. La contraction ainsi mesurée est minimale, étant donné que de petits lambeaux pincés de bauxite ont pu passer inaperçus dans les masses écaillées du mur. La contraction est d'autant plus importante que l'écaille est plus élevée.

De même, il a calculé, le long des coupes, la longueur des contacts normaux mur-bauxite dans les écailles et la surface en section de la bauxite intéressée par l'écaillage, obtenant ainsi par division l'épaisseur théorique de la bauxite appartenant aux écailles avant la déformation. Le calcul conduit, d'Est en Ouest, aux épaisseurs suivantes : 17,4 m, 17,4 m, 15 m, 14 m, 15 m et enfin 17 m, soit en moyenne 16 m. Cette épaisseur apparaît supérieure à celle de la bauxite dans le synclinal de Vins qui est de 9-10 m. Ce fait peut tenir soit à une épaisseur plus grande le long du flanc nord, soit à une contraction évaluée trop faible. Dans tous les cas, il faut retenir que la bauxite n'a pas été refoulée plus rapidement que les écailles vers le Sud.

Le même auteur a ensuite tenté la reconstitution d'un stade théorique de la déformation en s'efforçant de remettre en place les écailles dans leur position originelle comme l'indique la figure 3. Celle-ci montre le flanc nord du synclinal se redressant assez brutalement vers la verticale, le dressant étant accentué de ressauts. Les traces des surfaces chevauchantes y apparaissent remarquablement parallèles et peu inclinées sur l'horizontale, remontant du Nord vers le Sud. Le long de la coupe 4, le flanc nord apparaît nettement moins incliné, mais on notera que la contraction y passe par un maximum.

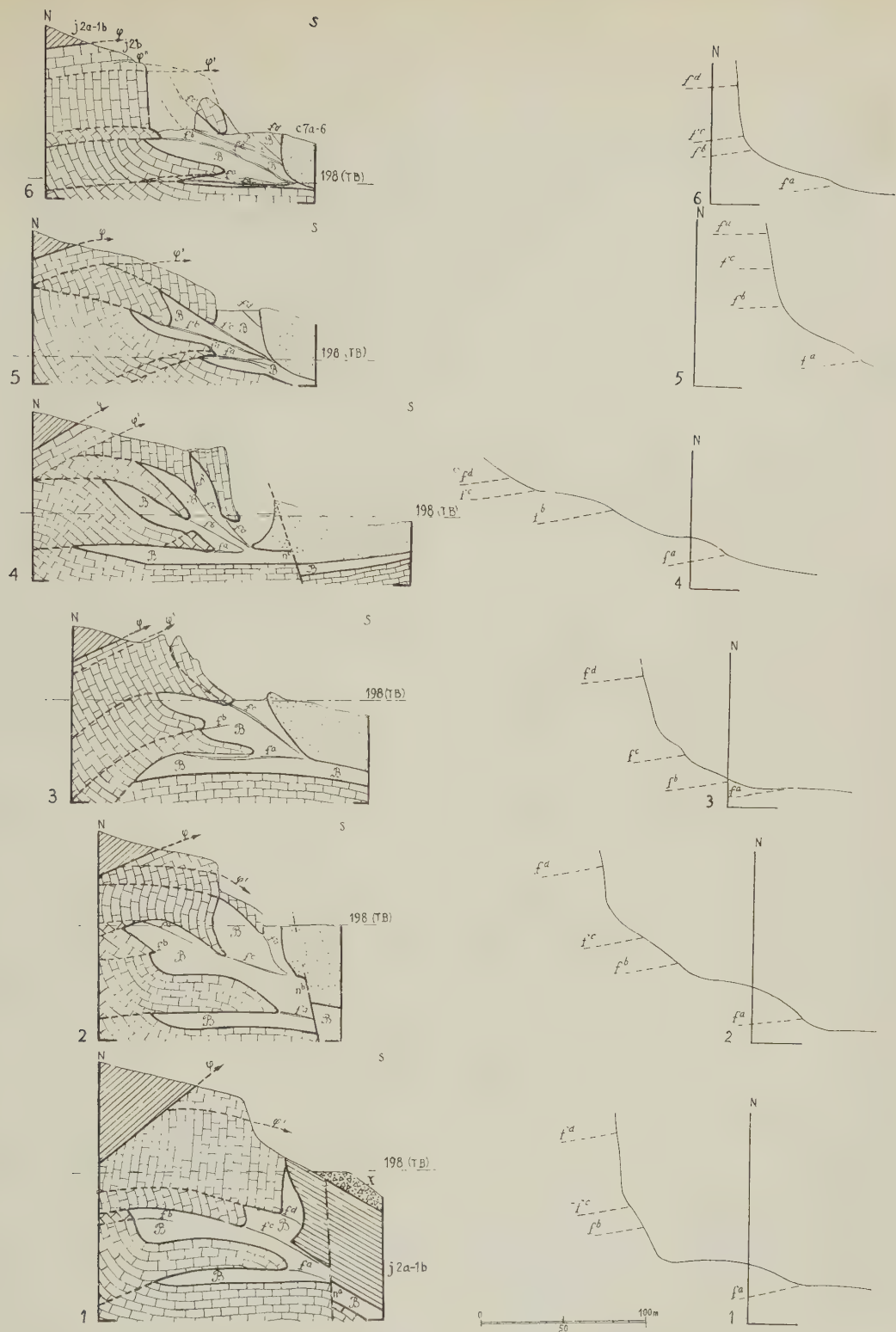


FIG. 2. — Coupes en série de la mine de Combecave rapportée à l'altitude du iravers-banc (T. B.).

A droite, importance de la contraction dans les écailles f^a , f^b , f^c .

La coupe 3 passe par le sommet du plan 3 de la mine; la coupe 1 est à 170 m plus à l'Ouest; la coupe 2 à 60 m plus à l'Ouest; les coupes 4, 5, 6 sont respectivement à 50, 150 et 183 m plus à l'Est.

$j\ 2\ a-1\ b$: Dogger à *Cancellophycus*; $j\ 2\ b$: calcaires bathoniens du mur'; B : bauxite; c 7 a-6': toit valdo-fuvélien; X : dépôts artificiels; φ : surface de chevauchement principale; φ' : surface de chevauchement accessoire; f^a , f^b , f^c , f^d : surfaces chevauchantes des principales écailles de Combecave; n^a , n^b , n^c : failles subverticales.

A la lumière des données précédentes, il est possible de tenter l'interprétation tectonique des écaïlles. Le chevauchement de Vins s'est fait par la rupture d'une flexure subverticale suivant une surface inclinée à 45°, compliquée par une dysharmonie entre les épaisses séries des cal-

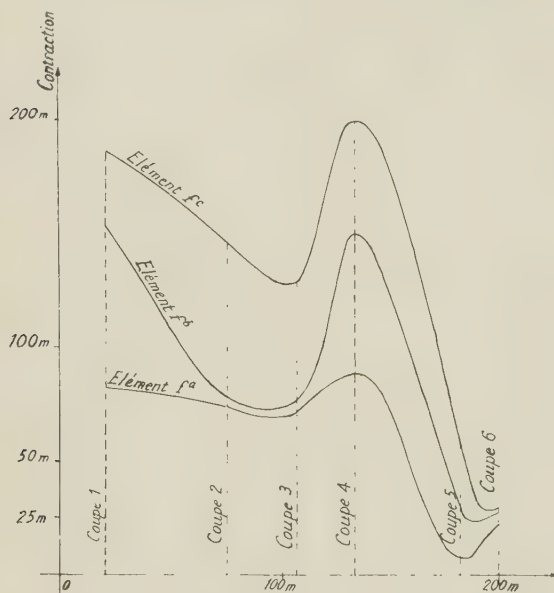


FIG. 3. — Stade hypothétique dans la mise en place des écaïlles.

caires bathoniens supérieurs et du Dogger marno-calcaire. La localisation du chevauchement a elle-même été déterminée par la présence de la gouttière sédimentaire valdo-fuvélienne. Le recouvrement s'est effectué à l'air libre. Du fait de la dysharmonie précédente, le paquet de cal-

caires bathoniens compris entre la série chevauchante et le cœur synclinal sablo-gréseux, gêné par ce dernier, s'est trouvé écrasé en une série d'écaïlles dont les surfaces chevauchantes étaient à l'origine parallèles entre elles et sans doute parallèles à la base du Valdo-Fuvélien. La non-participation du toit de la bauxite dans celles-ci révèle une nouvelle dysharmonie due à la bauxite, qui apparaît spécialement incompétente (la déformation se faisant par un broyage intense). Au fur et à mesure de la propagation des écaïlles, le cœur sableux valdo-fuvélien reculait d'autant vers le Sud, mouvement qu'il aurait été impossible de mettre en évidence avec certitude par un simple examen de surface. La base du Valdo-Fuvélien constituant une surface de discontinuité majeure, il est normal de voir les prolongements dans la bauxite des surfaces chevauchantes des écaïlles venir se raccorder à elle. Quelques petites failles cotées n^a , n^b , n^c (fig. 2), fortement inclinées et intéressant l'ensemble des éléments tectoniques précédents, sont à attribuer évidemment à un stade postérieur à la déformation majeure. L'écrasement de la bauxite montre qu'elle a travaillé en dessous de son seuil de plasticité, qui n'est malheureusement pas connu.

EN RÉSUMÉ, la mine de Combecave a révélé un dispositif très complexe de véritables petites écaïlles intracutanées, montré le rôle dysharmonique de la bauxite et souligné le comportement indépendant d'un remplissage synclinal sablo-gréseux apparaissant, comme il est normal, comme une masse incompressible, peu déformable et glissant en son ensemble. Elle a souligné une fois encore la complexité des structures de détail de la tectonique provençale.

Bibliographie.

- AUBOUIN J. (1953). — L'extrémité orientale du massif de Bras et le « pli du Cannet » (Var). *B. S. G. F.*, (6), III, p. 889-902, 4 fig.
- LAPPARENT A. F. DE, BORDET P. et MENNESSIER G. (1959). — Carte géologique au 50 000^e feuille de Draguignan. Paris. Serv. de la Carte géol. de France.
- MENNESSIER G. (1959). — Étude tectonique des confins alpino-provençaux entre le Verdon et l'Argens. *Mém. Soc. géol. France*, nouv. sér., t. XXXVIII, n° 87, p. 1-174, 52 fig., 8 pl.
- ZÜRCHER Ph. (1891). — Carte géologique au 80 000^e, feuille de Draguignan. Paris.

Observation.

M. J. GOGUEL remarque : il est intéressant de noter que le sable du noyau synclinal se comporte comme un noyau rigide.

Le gîte de pyrrhotite de Lacourt (Ariège)

par M. DEBEAUX, Jean THIÉBAUT et Maurice WEPPE*.

Sommaire. — Le granite de Lacourt est un granite intrusif post-tectonique postérieur à la phase majeure hercynienne puisqu'il recoupe les plis hercyniens. Le filon de Lacourt, qui recoupe ce granite et son auréole de contact, est donc postérieur. Il est lié soit à une phase hercynienne tardive, soit à une phase tectonique plus récente, soit à plusieurs phases successives.

En effet son étude s'inscrit dans l'inventaire d'un groupe de gisement des Pyrénées centrales dont certains ont déjà été datés.

Le granite intrusif de Lacourt, du nom d'un village situé sur le Salat, à 5 km au SSE de Saint-Girons, affleure dans la partie sud-occidentale du massif de l'Arize.

La lecture de la carte géologique au 80 000^e (feuille de Foix, 2^e éd., n° 235) montre qu'à l'Est et au Nord, ce granite modifie à sa bordure les formations de la base du Primaire jusqu'au Dévonien moyen inclusivement, alors qu'au Sud, il est en contact avec des anatexites. Nous verrons, en ce qui concerne ce dernier point, qu'au moins dans la région étudiée il ne s'agit pas de migmatites, mais plutôt de cornéennes à cordiérite, résultat d'un effet d'auréole granitique sur les micaschistes.

La route N. 618, qui de Saint-Girons conduit au col de Port en suivant la gorge du Salat, recoupe plusieurs filons de quartz subverticaux et de direction E-W. L'un d'entre eux, minéralisé principalement en pyrrhotite, a fait l'objet de travaux miniers. Il est situé à 400 m au S de Murasse, petit hameau proche du confluent de l'Alos et du Salat. Le but de la présente note est d'étudier ce filon, son cadre géologique et sa minéralisation.

1. LE GRANITE. — Le granite de Lacourt n'a guère fait l'objet de publications récentes. Tout au plus trouve-t-on deux analyses, l'une chimique [Nieuwenhuys, 1956], l'autre minéralogique quantitative [Keiser, 1953] d'ailleurs assez contradictoires. Nous nous bornerons, dans cette note, à étudier le granite au voisinage du gîte de pyrrhotite.

Il s'agit d'une roche assez claire à texture équiaxe homogène, la dimension des grains étant

généralement comprise entre 2 et 4 mm. Sa composition modale s'établit ainsi :

Quartz	21,9 %	Biotite	16,4 %
Microcline	17,2	Chlorite	2,4
Plagioclase	36,3	Hornblende	3,3
Myrmékite	1,9	Divers	0,6

Dans la classification de J. Jung et R. Brousse [1959], il s'agit donc d'une granodiorite, dont les indices de coloration, de saturation et feldspatique sont respectivement :

$$\text{Col} = 23 \qquad \text{Sat} = 28 \qquad \text{Feld} = 32$$

Cette composition est assez en accord avec l'analyse chimique de W. H. Nieuwenhuys [1956] que nous reproduisons ici :

SiO ₂	60,48 %	Na ₂ O	2,77 %
Al ₂ O ₃	16,22	K ₂ O	3,24
Fe ₂ O ₃	0,52	TiO ₂	0,88
FeO	4,08	P ₂ O ₅	0,32
MgO	2,93	H ₂ O	1,47
CaO	4,42	CO ₂	2,54

Parmi les ferro-magnésiens, la biotite, avec des inclusions de zircon et d'apatite, présente souvent un début de chloritisation avec, dans ses plans de clivages, des grains de sphène allongés et disposés en file et parfois aussi des grains d'épidote et de zoïsite. La hornblende verte se trouve le plus généralement au voisinage de la biotite sous forme d'amas de petits prismes fréquemment maclés polysynthétiquement suivant (1, 0, 0).

Le plagioclase, toujours très fortement zoné

* Note présentée à la séance du 18 décembre 1961.

An₁₀₋₃₀, en cristaux automorphes, est souvent inclus dans le feldspath potassique ; le contact entre ces deux minéraux est alors souligné par

sensible dans sa partie centrale, où à la sérécite néoformée s'ajoutent parfois un peu d'épidote et de zoisite.

Le microcline, perthitique, est souvent corrodé par des bourgeons de myrmékite. Il n'est pas altéré.

Le quartz, à extinction onduleuse, est le dernier élément cristallisé. Pour être complets, nous noterons un peu de leucoxène, d'hématite et de calcite secondaire.

2. LES ROCHES MÉTAMORPHIQUES AU CONTACT DU GRANITE. — Nous n'envisagerons, dans cette étude, que les roches métamorphiques situées le long du contact sud du granite. Leur texture, très finement grenue (cristaux généralement inférieurs à 1 mm) avec fréquemment des nodules grisâtres qui peuvent atteindre 1 cm, rappelle beaucoup plus les faciès d'auréoles de contact que ceux de migmatites. L'examen micrographique confirme ce point de vue. Au voisinage du granite, la recrystallisation est totale, sans orientation privilégiée des minéraux. Dans un échantillon prélevé à proximité de la cote 607, sur la rive gauche du Salat, on peut observer essentiellement du quartz et des micas, d'une part de la muscovite à disposition palmée, d'autre part du phlogopite, un peu d'oligoclase légèrement zoné aux environs de An₂₀, quelques prismes de tourmaline et quelques baguettes d'apatite, une quantité notable de minerai, enfin des nodules entièrement pseudomorphosés en substances micacées. Celles-ci forment tout d'abord une trame où les lamelles de muscovite et de chlorite enchevêtrées englobent des parties transformées plus tardivement en sérécite et en chlorite ; les inclusions de quartz sont fréquentes. Il est difficile de dire avec certitude quel était le minéral original, mais il est probable qu'il s'agit de cordiérite. Il y a peu de variations d'un échantillon à l'autre ; généralement cependant, on n'observe pas de phlogopite, mais de la biotite présentant parfois un début de chloritisation avec apparition de baguettes de rutile, réalisant ainsi la disposition de la sagénite.

En s'éloignant du granite, le phlogopite et la tourmaline disparaissent, le plagioclase ne joue plus qu'un rôle accessoire ou nul, la biotite est

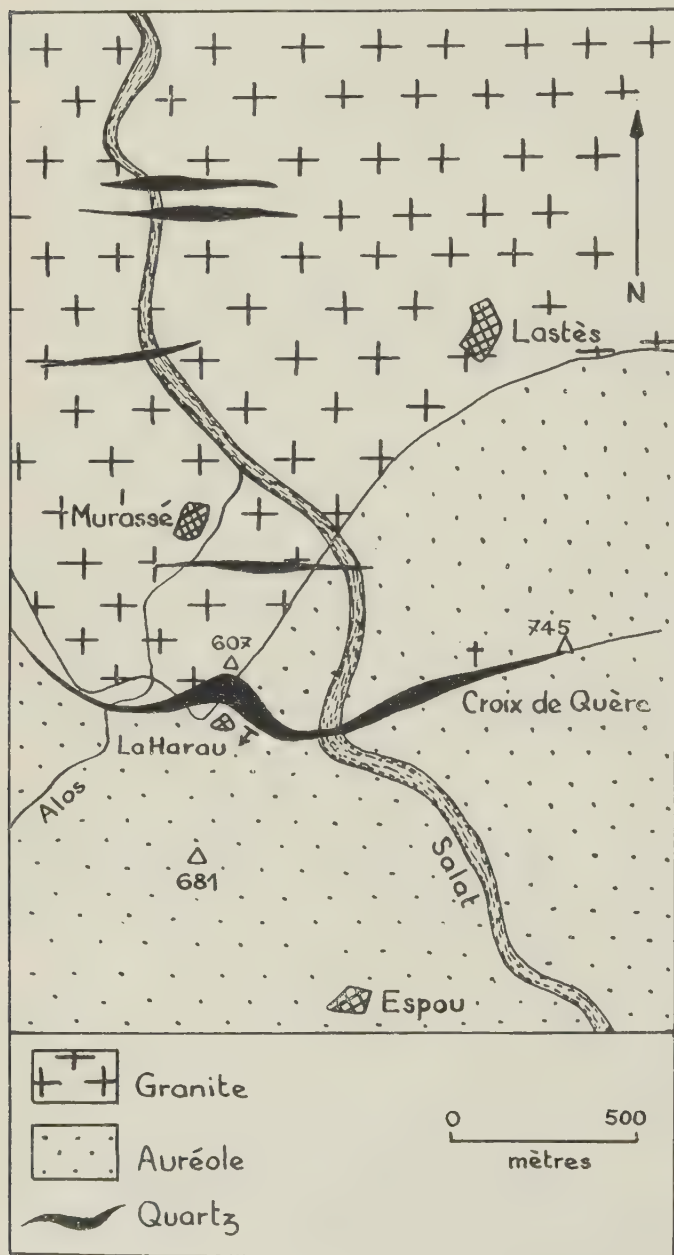


FIG. 1. — Carte schématique du gîte de pyrrhotite.

une petite frange de myrmékite dans l'oligoclase. Ce fait a été interprété par M. Roques [1955] comme traduisant une métagénèse siliceuse locale. L'altération du plagioclase est surtout

complètement chloritisée. La constitution des nodules reste invariable ; sauf dans une lame où nous avons pu mettre en évidence de l'andalou-site, il semble bien que partout il s'agisse de cordiérite altérée. Par contre, du point de vue structural, la recristallisation cesse d'être totale et sur certaines lames minces, provenant en particulier d'échantillons prélevés près de la Croix de la Quère, on peut observer une trame originelle constituée par des grains de quartz arrondis entre lesquels se sont développées chlorite et muscovite, les nodules apparaissent alors comme formés postérieurement à cette trame.

De tout cet ensemble d'observations, il semble bien que l'on puisse considérer les roches que nous venons d'étudier comme le résultat du métamorphisme de contact de formations appartenant déjà à la zone des Micaschistes supérieurs.

3. LA ZONE MINÉRALISÉE. — Comme le montre la figure, le tracé du filon de quartz minéralisé, de direction E-W, est sans rapport avec la limite granite-auréole.

Dans les fonds de ravin et sur la rive droite du Salat, le filon est vertical ; par contre, sur la rive gauche, au-dessus de la cote 500, il se couche vers le Nord au point que près de la cote 607 son pendage est de l'ordre de 45° vers le Sud. La puissance de la zone quartzo-minérale est très variable ; elle est de l'ordre d'une quinzaine de mètres à la Harau et à la Croix de la Quère, à peine de 1 m sur la rive gauche de l'Alos, en bordure de la route N 618 et à l'E de la cote 745.

Altération des épointes. Aux environs immédiats du gîte de pyrrhotite, on note un degré beaucoup plus élevé dans l'altération de la biotite et du plagioclase, et parallèlement on voit se développer dans la roche une structure cataclas-tique pouvant aller jusqu'à une mylonitisation, les fragments broyés étant alors cimentés par du quartz de néoformation.

Aux épointes mêmes et dans les éléments bréchiques du filon, la présence de chlorite n'est plus uniquement liée à la biotite. D'une part la biotite est complètement remplacée par la chlorite,

d'autre part une chlorite se développe en lames à l'intérieur du quartz et forme en de nombreux endroits des nids et des sphérolites. Cette chlorite est différente de la pennine précédente, elle est incolore et sa biréfringence de 8-10, atteint les gris du premier ordre.

Paragenèse. A l'intérieur du filon, la pyrrhotite se présente en amas parfois très importants, de l'ordre de plusieurs dizaines de mètres. Le microscope montre que cette pyrrhotite, toujours intimement mélangée au quartz, est formée d'agrégats composés, soit de cristaux de l'ordre du millimètre, assemblés en puzzle et montrant souvent des macles parallèles assez fines, soit de cristaux subhexagonaux de l'ordre de 0,10 mm, tassés en mosaïques.

Quelques mouches de chalcoppyrite, postérieures à la pyrrhotite, parsèment les amas.

Mise en place de la minéralisation. On peut décomposer la mise en place de la minéralisation en 3 temps marqués chacun par un mouvement tectonique :

— 1^{er} temps : inscription de la fracture, bréchifications locales, chloritisations des épointes et des éléments de la brèche, mise en place d'une venue quartzreuse.

— 2^e temps : mise en place de la pyrrhotite, de la chalcoppyrite et d'une seconde venue quartzreuse.

— 3^e temps : bréchification puis mise en place d'une troisième venue quartzreuse.

CONCLUSIONS. — Le granite de Lacourt est un granite intrusif post-tectonique postérieur à la phase majeure hercynienne puisqu'il recoupe les plis hercyniens. Le filon de Lacourt qui recoupe ce granite et son auréole de contact est donc postérieur. Il est lié soit à une phase hercynienne tardive, soit à une phase tectonique plus récente, soit à plusieurs phases successives.

La comparaison avec d'autres gisements permettra peut-être de préciser l'âge du filon de Lacourt. En effet son étude s'inscrit dans l'inventaire d'un groupe de gisements des Pyrénées centrales dont certains ont déjà été datés [Thiébaud et Weppe, 1960, 1961].

Bibliographie.

- JUNG J. et BROUSSE R. (1959). — Classification modale des roches éruptives utilisant les données fournies par le compteur à points. Paris, Masson édit., 122 p.
- KEIZER J. (1953). — La géologie de la couverture sédimentaire du massif de l'Arize. *Leidse geol. Med.*, D. XVIII, p. 228-254.
- LACROIX A. (1893-1913). — Minéralogie de la France et des colonies. 5 vol. in-8°, Paris, Baudry.
- NIEUWENHUYNS W. H. (1956). — Quelques phases granitiques intrusives dans le massif des Trois Seigneurs. *Leidse geol. Med.*, D. XXI, p. 490-502.
- ROQUES M. (1955). — Étude quantitative des myrmékites. In Les échanges de matières au cours de la genèse des roches grenues et acides. 68^e *Coll. intern. C. N. R. S.; Sciences Terre* (h. sér.), p. 189-195. Nancy.
- THIÉBAUT J. et WEPPE M. (1960). — Le gisement de fer de Lastric (Ariège) et ses relations avec l'épisyémite. *C. R. Ac. Sc.*, t. 250, p. 4397-4398.
- (1961). — Description, âge et métallogénie du gisement de fer de Milhas (H.-G.). *Ibid.*, t. 252, p. 1813-1814.
-

Utilisation de la radioactivité naturelle du potassium pour son dosage dans les roches par spectrométrie gamma

par B. JOUVE*, A. LANSIART*, R. LÉTOLLE**, J.-C. MORUCCI*.

Sommaire. — Après un rappel des principes de la spectrométrie gamma, est donnée la description d'une technique permettant le dosage aisé du potassium et des autres éléments radioactifs dans les roches. Les erreurs expérimentales sont discutées complètement. La précision est très supérieure à celle obtenue par les autres méthodes de dosage et les résultats sont plus significatifs. Quelques autres applications géologiques de la spectrométrie gamma sont passées en revue.

Dans le cadre d'un travail sur la géochimie du potassium, nous avons recherché une technique de dosage de cet élément dans les roches qui permît de faire des dosages en routine avec la meilleure précision possible. Des méthodes éprouvées, telles que la spectrométrie de flamme, permettent d'obtenir rapidement des résultats, mais nécessitent des manipulations longues et délicates. Connaissant la sensibilité des méthodes de détection de la radioactivité naturelle, nous avons pensé que la radioactivité gamma du potassium, serait suffisante pour permettre des dosages quantitatifs précis.

Il existe toutefois dans les roches et plus particulièrement dans les roches éruptives, une proportion telle d'uranium et de thorium, que la détermination de la radioactivité totale d'un échantillon ne peut conduire à la connaissance directe de sa teneur en potassium, thorium ou uranium.

La spectrométrie gamma permet de faire la part, dans le spectre gamma total d'un échantillon, de l'énergie qui revient à chaque élément radioactif et d'en établir ainsi la proportion.

I. Principe de la spectrographie gamma.

La désintégration des atomes radioactifs s'accompagne généralement d'une émission de photons gamma. Ceux-ci sont émis avec des énergies caractéristiques des nuclides qui les produisent ; d'autre part, le nombre moyen de photons d'énergie donnée émis par un corps radioactif est, à chaque instant, proportionnel au nombre de désintégrations qui ont lieu.

Si on dispose d'un détecteur capable de séparer les différentes énergies gamma et d'enregistrer avec un rendement connu le nombre de photons reçus par intervalle d'énergie, on pourra établir le spectre d'une « source » comportant un ou plusieurs radionuclides, c'est-à-dire tracer la courbe donnant le nombre $\frac{dN}{dE}$ de photons reçus en un temps donné, en fonction de l'énergie E de ceux-ci.

Les énergies d'émission et le nombre de photons émis ont été déterminés pour chaque radionuclide, et on dispose de catalogues présentant ces résultats. On peut donc espérer déterminer à partir de la forme du spectre obtenu la nature et la quantité des radionuclides émetteurs, donc effectuer une analyse qualitative et quantitative des isotopes radioactifs de la source.

Ceci n'est pas spécifique de la spectrométrie gamma, mais un des avantages de cette méthode est que l'on peut profiter du grand pouvoir de pénétration de ce type de rayonnement pour effectuer les mesures sur des quantités impor-

* Centre d'études nucléaires, Saclay. Note présentée à la séance du 18 décembre 1961.

** Laboratoire de Géologie dynamique, Faculté des Sciences, Paris.

tantes d'échantillon (ici de roche), le rayonnement des parties éloignées de la source parvenant encore au détecteur, ce qui prend toute son importance dans la recherche des faibles teneurs.

INTERACTION DES RAYONS GAMMA AVEC LA MATIÈRE ; CONSÉQUENCES PRATIQUES. — Bien que le pouvoir de pénétration du rayonnement gamma dans la matière soit élevé, il faut tenir compte de ses interactions possibles avec les milieux traversés, source en cours d'étude, détecteur ou parois du dispositif expérimental. Ce point était particulièrement important pour l'adaptation de la technique à des applications géologiques, étant donné l'hétérogénéité du matériel étudié, tant en composition chimique que minéralogique.

Ces effets conduisent, soit à une absorption pure, soit à une absorption partielle avec diffusion, et sont de trois types : effet photoélectrique, effet de paires, effet Compton (diffusion incohérente).

a) *Effet photoélectrique et effet de paires* : ils donnent lieu à une disparition totale du photon qui le subit, avec conversion de son énergie en une autre forme ; ils correspondent donc à une absorption pure. (Dans l'effet photoélectrique, le photon gamma arrache un électron périphérique des couches internes, d'où réarrangement avec éventuellement émission de photons lumineux ou ultraviolets ; dans l'effet de paires, le photon gamma se transforme dans le champ du noyau en deux électrons, un négatif et un positif, celui-ci se dématérialisant en donnant deux photons gamma de 0,5 Mev d'énergie.)

Pour un absorbant donné, la probabilité de l'effet photoélectrique diminue quand l'énergie du rayonnement incident augmente ; celle de l'effet de paires augmente au contraire à partir de l'énergie 1 Mev pour laquelle il est nul. Pour les énergies en cause dans le dosage du potassium, de l'ordre de 1,5 Mev, cet effet est négligeable.

L'effet photoélectrique est mis à profit dans les détecteurs à scintillation qui restituent une proportion constante de l'énergie gamma sous une forme utilisable.

b) *Effet Compton* : il y a diffusion du photon avec perte d'énergie ; l'énergie perdue est transférée à des électrons et peut être restituée suivant des processus analogues à ceux de l'effet photo-électrique. Les conséquences en sont différentes suivant le lieu où se produit la diffusion.

— dans la source : une partie des photons diffusés est susceptible d'atteindre le détecteur,

mais avec une énergie inférieure à celle du rayonnement initial. Si les radionuclides présents dans la source ont une énergie d'émission différente, une partie du comptage dans une bande d'émission correspondant à une émission E_1 sera due en réalité aux effets Compton produits dans la source sur les rayonnements d'énergie $E_n > E_1$, et atteignant le détecteur avec l'énergie E_1 .

— sur les parois du montage expérimental : une certaine proportion du rayonnement gamma atteignant ces parois est rétrodiffusée vers le détecteur ; les remarques précédentes s'appliquent à ce cas. Cet effet sera aisément minimisé en éloignant les parois matérielles de l'ensemble source-détecteur.

— dans le détecteur : un photon incident perd dans le détecteur par effet Compton une énergie $E_c = E_i - E_f$ ¹ ; on détecte un photon d'énergie E_c . Or, tout détecteur a un temps de résolution déterminé ; si pendant ce temps le photon subit une série d'effets avec des pertes d'énergie E_{c1} , E_{c2} , E_{c3} ..., le « photon apparent » détecté aura en réalité une énergie $E_{c1} + E_{c2} + E_{c3}$... Pour un type de détecteur et une énergie de rayonnement donnés, la probabilité pour que la somme $E_{c1} + E_{c2} + E_{c3} + \dots = E_1$ croît avec les dimensions du détecteur.

En définitive, un flux monoénergétique gamma, atteignant un détecteur à scintillations, y produira un spectre caractéristique de l'énergie du photon gamma incident.

Le nombre total de « photons apparents » comptés en un temps donné est proportionnel au nombre de photons incidents pendant ce temps ; le coefficient de proportionnalité est le rendement du scintillateur, qui représente simplement la probabilité qu'un photon incident subisse au moins un effet quel qu'il soit dans la matière de ce scintillateur.

Parmi les particules « apparentes », certaines ont une énergie voisine de E_i , la courbe $\frac{dN}{dE} = f(E)$

présente dans cette région une « bosse » dont le maximum correspond à E_i , et nommée, bien qu'improprement, pic photoélectrique. Seul ce pic reproduisant la raie fine constituant le spectre des particules incidentes permet d'effectuer des analyses qualitatives. Si la source comporte plusieurs radioémetteurs (ce qui est le cas de roches), on devra également l'utiliser seul pour l'analyse quantitative.

La détermination par spectrographie gamma

1. E_i = énergie du photon incident ; E_f = énergie du photon diffusé.

de la teneur en radio-éléments d'un échantillon se fait rarement par mesures absolues. Comme dans la plupart des méthodes d'analyse, on procède par mesures relatives en effectuant des

comparaisons avec des étalons de même nature et de même géométrie relative. La précision de la mesure dépendra de ces deux facteurs que nous discuterons plus loin.

II. Appareillage.

PRINCIPE. — Dans les scintillateurs, l'énergie gamma est convertie en énergie lumineuse et le détecteur est constitué de telle façon que la plus grande partie de la lumière émise puisse sortir à travers une face bien définie du scintillateur (en général, la face opposée à celle d'incidence du rayonnement gamma). Celui-ci est constitué généralement par un monocristal, de grande dimension, d'un halogénure alcalin. On utilise le plus souvent l'iode de sodium très transparent à la lumière qu'il émet (le INa est activé au thallium pour améliorer le rendement lumineux) ; toutes les faces de ce cristal sont diffusantes pour la lumière, sauf la face de sortie soigneusement polie ; le cristal est enfermé dans un boîtier étanche.

La quantité de lumière perçue est proportionnelle à la lumière totale émise, donc à l'énergie perdue par les photons gamma dans le cristal, elle-même proportionnelle à l'énergie du rayonnement incident.

L'énergie lumineuse est convertie en énergie électrique par un ou plusieurs photomultiplicateurs, assimilables à l'ensemble d'une cellule photoélectrique et d'un amplificateur à gain très élevé ; le courant résultant s'écoulant dans un circuit résistance-capacité donne une impulsion électrique dont l'amplitude est en moyenne proportionnelle à l'énergie perdue par le photon gamma dans le scintillateur. Les impulsions obtenues, de l'ordre de quelques dixièmes de volts et d'une durée de quelques microsecondes, sont amplifiées, puis classées dans un « sélecteur d'amplitude » qui compte le nombre d'impulsions produites en un temps donné dans un domaine restreint d'amplitude définissant un « canal ».

On utilise en spectrométrie gamma des sélecteurs d'amplitude comportant un canal mobile décrivant à vitesse constante toute l'étendue du spectre pendant la durée de la mesure, ou un groupe de n canaux juxtaposés et égaux, couvrant également toute l'étendue du spectre ($n = 25, 50, 100$ ou 200).

Dans les deux cas, le sélecteur permet de tracer directement le spectre apparent $\frac{dN}{dE} = f(E)$. Les sélecteurs multicanaux ont l'avantage d'uti-

liser l'ensemble des informations parvenant à chaque instant et s'imposent donc pour l'examen des sources de faible activité.

Un sélecteur a besoin d'un temps non négligeable pour classer une impulsion (temps d'analyse) ; il est bloqué pendant ce temps, mais le sélecteur à 100 canaux utilisé comptabilise automatiquement le « temps mort » de sorte qu'on connaît exactement le temps de mesure.

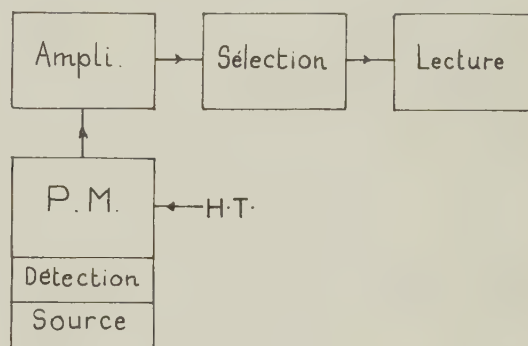


FIG. 1. — Schéma de l'installation de spectrométrie gamma.

RELATION ENTRE SPECTRE OBSERVÉ ET SPECTRE RÉEL. — Elle se déduit des propriétés de l'ensemble détecteur et de la géométrie du système source-cristal. Ces propriétés sont : l'absorption dans la source, l'efficacité géométrique, le rendement de comptage du cristal, le rapport de comptage dans le pic au comptage total et le pouvoir de résolution.

a) *L'absorption dans la source.* On montre expérimentalement que, pour les énergies des photons qui seront utilisées dans le dosage du potassium, la loi d'absorption est une fonction exponentielle. Si N_0 est le nombre de photons émis et N le nombre de photons sortant de la source, on a :

$N = N_0 e^{-\mu d}$, où μ = le coefficient d'absorption en cm^2/g et d = la densité de la source en g/cm^2 . μ varie légèrement avec le numéro atomique Z de l'élément et est donné en fonction de l'énergie par les tables de White (cf. Siegbahn [1955]).

Pour les roches dont on connaît approximativement la composition chimique définie par la nature de la roche, μ est calculé en tenant compte des teneurs relatives en poids des principaux éléments.

b) *Le rendement du comptage et l'efficacité géométrique.* Le choix de l'épaisseur optimale du cristal pour un domaine d'énergie donné se déduit d'un compromis entre l'obtention des meilleures performances et le prix du montage. Le rapport « pic sur total » varie dans le même sens que le rendement. De même, pour des dimensions données du cristal, il existe une géométrie optimale de l'ensemble source détecteur qui tient compte à la fois de la quantité d'échantillon disponible, de l'absorption dans la source et de l'efficacité géométrique qui sera d'autant meilleure que l'angle solide sous lequel la face utile du cristal est vue d'un point quelconque de la source est plus grand, donc, pratiquement que le diamètre du cristal est plus grand.

c) *La résolution.* C'est une qualité qui traduit la « finesse » du pic photoélectrique. Elle se déduit de la courbe de Gauss à laquelle on assimile le spectre en cette région, et est mesurée pratiquement par le rapport de la largeur à mi-hauteur de ce pic, évaluée en unités d'énergie, à l'énergie du maximum du pic. Plus ce rapport est petit, meilleur est le pouvoir séparateur du détecteur ainsi que l'évaluation de la surface exacte du pic au-dessus du fond Compton dû aux énergies supérieures. La résolution est mesurée pour le pic 0,662 Mev du césium 137 ; théoriquement de l'ordre de 6 %, elle est meilleure que 10 %, même pour de très gros cristaux.

INFLUENCE DE LA RADIOACTIVITÉ AMBIANTE ET PRÉCISION STATISTIQUE. — Le détecteur enregistre, en même temps que l'activité de l'échantillon, celle qui est due aux traces de radioéléments naturels (U, Th et leurs descendants) dans le sol, les murs, l'atmosphère, et le détecteur lui-même, plus certains composants du rayonnement cosmique. C'est le « mouvement propre » du détecteur. Pour de gros détecteurs, il peut être de 10 coups par seconde et par cm² pour toute l'étendue du spectre. De plus, il n'est pas constant. Il est donc impératif de le réduire en utilisant un « blindage » approprié : une enveloppe de plomb de 5 cm d'épaisseur donne un coefficient d'atténuation de l'ordre de 20 dans la région des énergies de 1,50 Mev utilisées par la suite, et constitue une protection appréciable.

La précision des mesures peut être déduite de la connaissance du mouvement propre de l'ins-

tallation dans le domaine d'énergie considéré. La dispersion statistique de la mesure, généralement utilisée, est donnée par la formule :

$$\frac{\sigma}{N} = \frac{1}{\sqrt{t}} \cdot \sqrt{\frac{N + 2b}{N^2}}$$

où N est le taux de comptage net de la source, b celui du mouvement propre, t le temps de mesure supposé identique pour N et b . L'erreur relative est donc directement proportionnelle à la racine carrée du temps de mesure.

RÉALISATION PRATIQUE. — Nous avons utilisé une enceinte existante de $2 \times 0,85 \times 0,65$ m à parois de plomb de 5 cm doublées intérieurement de 2 mm d'acier inoxydable de 0,3 mm d'épaisseur. Le détecteur a un diamètre de 20 cm, et une hauteur de 10 cm. Il est surmonté de 3 photomultiplicateurs à photocathode de 75 mm de diamètre.

Le cristal est à la partie supérieure et au centre (fig. 2) de la protection ; le blindage est complété par un collimateur cylindrique en plomb de 4 cm d'épaisseur, qui entoure le cristal de façon que l'ouverture du collimateur soit dans le plan de la face intérieure du cristal.

Une enceinte, beaucoup moins volumineuse adaptée aux applications purement géologiques sera prochainement réalisée.

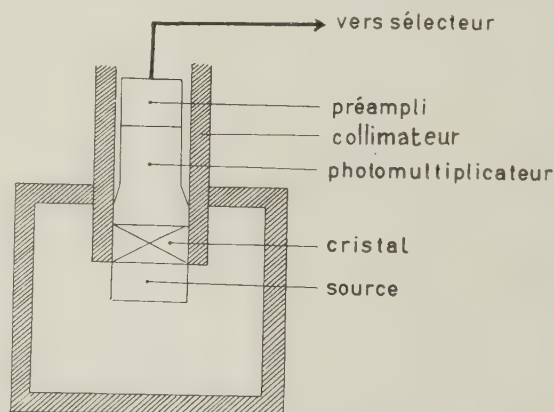


Fig. 2. — Montage de l'ensemble source-détecteur.

L'équipement électronique associé comporte : une alimentation T. H. T. réglable pour les photomultiplicateurs ; un amplificateur comprenant un préamplificateur placé près des photomultiplicateurs de gain 1500 et de bande passante 2 mégacycles ; un sélectionneur « Intertechnique » à 200 canaux à mémoire magnétique.

Ce sélectionneur a été utilisé en deux groupes de

100 canaux, de façon que le mouvement propre soit conservé en mémoire dans le premier groupe, puis transféré en négatif dans le deuxième groupe où est stocké le spectre de la source étudiée. On obtient ainsi automatiquement la soustraction entre le spectre brut et le mouvement propre, donc le spectre « net » de la source.

Les dispositifs de lecture comprennent un oscilloscope permettant la visualisation directe du spectre, un enregistreur Meci, un dispositif imprimeur automatique sur bande du nombre de coups stockés par canal.

III. Application au dosage du potassium dans les roches.

On sait que le potassium possède un isotope radioactif de masse 40 ; celui-ci émet en moyenne 3,5 photons de 1,45 Mev d'énergie par seconde et par gramme, comme il résulte des déterminations rassemblées par Carr et Kulp [1957]. La précision de cette valeur importe peu puisqu'on procède par comparaison avec des étalons. Il suffira de postuler que l'abondance isotopique de 40 K est la même dans l'étalon et dans l'échantillon.

La moyenne des meilleures déterminations donne 0,0118 % pour cette abondance, à 1 % près. Les variations naturelles d'abondance sont de toute manière inférieure à cette erreur ; nous admettrons donc une teneur constante en 40 K de 0,0118 %. Une variation éventuelle introduirait un facteur de correction maximal de 1,01 dans la teneur calculée pour l'échantillon. On notera qu'on effectue en fait le dosage de 40 K, et indirectement par la suite, celui de K total.

CALCUL DE LA TENEUR. — La source étudiée est placée contre la face inférieure du cristal dans un récipient d'acier inoxydable de 20 cm de diamètre et de 5 cm d'épaisseur ; en quantité suffisante pour qu'elle occupe la totalité du volume offert.

La géométrie source-scintillateur utilisée (fig. 3), la plus favorable, résulte d'une étude préalable dont il a été rendu compte par ailleurs [Jouve, Lansiaart, Morucci, 1961]. Elle permet de déterminer simplement la surface du pic photoélectrique enregistré en fonction de l'activité de la source.

Décomposons la source en n éléments de volume v_i suffisamment petits pour que l'angle solide ω_i sous lequel le cristal est vu ne varie pas d'un point à un autre de l'élément.

Si d est la densité apparente de l'échantillon, chaque

L'appareil est muni d'un « chronomètre d'efficacité » qui commande le comptage pendant un temps prédéterminé, tout en effectuant les corrections de « temps mort » précédemment évoquées. Le taux de comptage admissible est de 50 000 impulsions par seconde, donc très largement suffisant pour les activités naturelles étudiées. L'installation est complétée par un suiveur de l'activité gamma ambiante permettant de déceler les fluctuations éventuelles du mouvement propre possibles au voisinage des réacteurs nucléaires.

élément de volume pèse dv_i et émet $tadv_i$ chocs par seconde (t = teneur en % de l'élément radioactif, a = son activité dans un angle solide 4π). Le cristal en recevrait $\frac{tadv_i\omega_i}{4}$; s'il n'y avait pas d'absorption dans la source. Si u est le coefficient d'absorption totale par unité de masse pour l'énergie émise, et $\bar{x}_i$ la distance moyenne entre le centre de l'élément de volume et le cristal, le détecteur reçoit en réalité :

$$\frac{tadv_i\omega_i}{4} e^{-u\bar{x}_i}$$

Soit r = le rendement du cristal, p = le rapport du comptage dans le pic au comptage total, et S = la surface du pic photoélectrique en chocs seconde. On a alors pour l'ensemble de la source :

$$S = \frac{tadr \cdot p}{4\pi} \sum_{i=1}^{i=n} v_i \omega_i e^{-u\bar{x}_i}$$

L'étude complète montre qu'il suffit de décomposer le volume de la source en 6 éléments égaux concentriques superposés (fig. 3). En prenant pour $\bar{x}$ moyen la

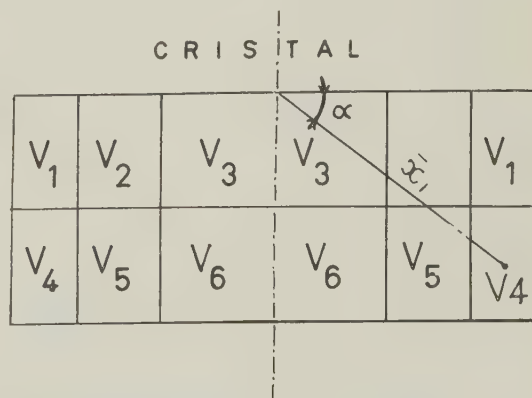


Fig. 3. — Décomposition de la source en éléments de volume pour le calcul de son activité spécifique.

distance entre le centre de l'élément de volume et le centre de l'ouverture du collimateur, avec $P =$ poids de l'échantillon, on a :

$$S = \frac{taPrp}{24\pi} \sum_{i=1}^6 \omega_i e^{-d\bar{x}_i}$$

Les éléments de ce calcul sont rassemblés dans le tabl. 1 (pour $d = 1,6$ et $\mu = 0,0518 \text{ cm}^2/\text{g}$ sable + KOH).

Avec $a = 3,5 \text{ cps/g}^1$; $r = 0,82$; $p = 0,34$, on a pour la géométrie utilisée avec $d = 1,6$:

$$A = 0,214 \text{ cps/g.K.}$$

La comparaison avec un étalon donne, pour un même temps de mesure :

$$t_{\text{inconnu}} = t_{\text{étalon}}$$

$$\frac{S_{\text{inconnu}}}{S_{\text{étalon}}} \cdot \frac{\text{Masse}_{\text{étalon}}}{\text{Masse}_{\text{inconnu}}} \cdot \frac{\Sigma_{\text{étalon}}}{\Sigma_{\text{inconnu}}}$$

VOLUME	V ₁	V ₂	V ₃	V ₄	V ₅	V ₆
α	8° 20	11° 45	90°	23° 45	32°	90°
$\bar{x}_i \text{ cm}$	8,6	6,2	1,25	9,3	7,1	3,75
$\omega_i \text{ steradian}$	4,37	5,19	5,51	2,69	3,5	4,08
$\rho \bar{x}_i$	0,71	0,506	0,102	0,759	0,579	0,306
$e^{-\mu \bar{x}_i d}$	0,492	0,602	0,902	0,468	0,560	0,736
$\omega_i e^{-\mu \bar{x}_i d}$	2,15	3,14	4,96	1,26	1,96	2,95

TABLEAU 1.

L'importance du terme $\frac{\Sigma_{\text{étalon}}}{\Sigma_{\text{inconnu}}}$, peu différent de 1 si les géométries sont très voisines, sera étudiée lors du calcul des erreurs.

Préparation des échantillons. Nous avons utilisé des fragments de roches de 2 à 3 kg, n'ayant pas subi d'altération superficielle. Ces échantillons ont été broyés à la presse hydraulique, puis amenés à une granulométrie moyenne variant de 1 mm à 1 cm, afin de pouvoir étudier l'influence de la taille des éléments obtenus sur la précision du dosage.

PRÉPARATION DES ÉTALONS ; INFLUENCE DE LA COMPOSITION CHIMIQUE DE LA ROCHE. — Afin d'étudier la valeur du coefficient μ d'absorption, nous avons préparé trois étalons synthétiques permettant d'obtenir par mélange en proportions données la composition approchée de roches variées. La teneur élevée en fer des basaltes pouvait à priori laisser suspecter une absorption non négligeable.

Les compositions de ces étalons sont données par le tabl. 2.

Les spectres obtenus, en 1 heure de mesure, sont reproduits fig. 7 ; pour obtenir le comptage net, on déduit le bruit de fond mesuré sur du sable pur inactif. Les résultats pour μ sont les suivants :

$$\begin{aligned} \mu \text{ « sable »} + \text{KOH} &= 0,0518 \text{ cm}^2/\text{g} \\ \mu \text{ « granite »} &= 0,0508 \text{ cm}^2/\text{g} \\ \mu \text{ « basalte »} &= 0,0513 \text{ cm}^2/\text{g} \end{aligned}$$

	ÉTALON « GRANITE » (%)	ÉTALON « BASALTE » (%)	ÉTALON « SABLE » (%)
Sable (SiO ₂) (inactif) de Fontainebleau .	70	55	98,8
CaO (R. P.)	7	11	
Fe réduit.	4	14	
Al ₂ O ₃ (R. P.).....	15	18	
K sous forme de KOH (R.P.)	2,5	1	1,2
Na (sous forme NaOH (R. P.)	1,5	1	

TABLEAU 2.

Il n'y a pas de différence sensible pour des compositions très différentes des roches, donc pour la majeure partie des roches ignées ou métamorphiques. On utilisera donc en pratique l'étalon simple : sable inactif + KOH ou KCl ; la variation du coefficient d'absorption, en fonction de la nature de la roche étant négligeable.

DISCUSSION DES ERREURS. — 1. *Erreur statistique.* C'est l'erreur sur l'évaluation de la surface du pic photo électrique S d'énergie moyenne, 1,45 Mev pour le potassium. Le pic photo électrique couvre j canaux, du i^e au $(i + j + 1)^e$. Le

1. cps = coups par seconde.

pic se détachant nettement, nous joignons par une droite (fig. 4) le point du spectre correspondant au i^e canal et celui correspondant au $(i + j + 1)^e$; le comptage des j canaux donne N coups; la partie située au-dessus de la droite

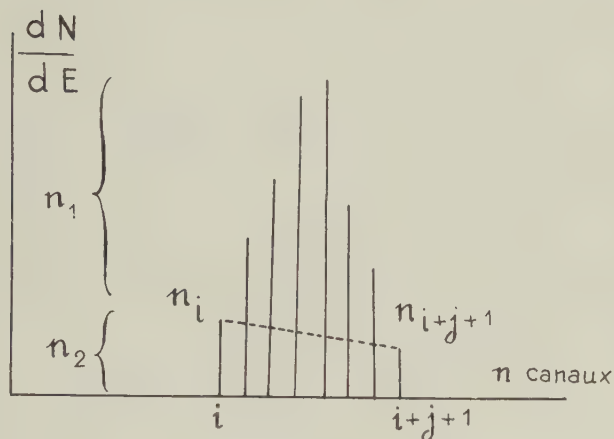


FIG. 4. — Calcul du nombre de coups dans un pic photoélectrique.

(n_1 coups) correspond seule à l'émission du potassium, la partie en dessous (n_2) résulte de l'effet Compton des énergies supérieures. On admet que dans l'intervalle $i^e - (i + j + 1)^e$ canal, le comptage dû aux autres émetteurs naturels varie peu et de façon régulière.

On voit que

$$n_1 = N - \frac{j}{2} (n_i + n_{i+j+1})$$

d'où :

$$(\Delta n_1)^2 = (\Delta N)^2 + \frac{j^2}{4} [(\Delta n_i)^2 + (\Delta n_{i+j+1})^2]$$

L'erreur statistique est donc d'autant plus faible que la contribution du potassium sera plus grande par rapport à celle des autres composants radio actifs.

2. *Erreur sur le coefficient d'absorption totale.* Nous avons trouvé un coefficient d'absorption totale pour l'énergie de 1,5 Mev compris entre 0,0508 pour la composition du granite et 0,0513 cm^2/g pour le basalte.

Nous prendrons $\bar{\mu} = 0,0510 \pm 0,0003 \text{ cm}^2/\text{g}$. Étant donné que pour le sable actif, plus commode à utiliser comme étalon, $\mu = 0,0518 \text{ cm}^2/\text{g}$ on introduit un coefficient de correction $\frac{\Delta A}{A}$ dans

le calcul de l'activité de l'échantillon pour une densité apparente donnée d :

$$A = k \sum \omega_i e^{-\mu x_i d}$$

$$\frac{\Delta A}{A} = \bar{d} \Delta \mu \frac{\sum \omega_i x_i e^{-\mu x_i \bar{d}}}{\sum \omega_i e^{-\mu x_i \bar{d}}}$$

$$\text{et } \frac{\Delta A}{A} (\text{sable} + \text{KOH}) = -4.10^{-3} \bar{d}$$

En prenant $\bar{\mu} = 0,0510$ pour toutes les roches, on commet une erreur systématique inférieure à 0,25 %.

3. *Erreur sur la densité apparente.* En tassant plus ou moins l'échantillon, il est possible d'obtenir une variation de densité apparente de 15 %, ce qui provoque une variation de poids de 15 % pour le volume de roche utilisée. Ceci entraîne une diminution d'activité spécifique due à l'augmentation de l'absorption donnée par :

$$\frac{\Delta A}{A} = \mu \bar{d} \frac{\sum \omega_i x_i e^{-\mu x_i \bar{d}}}{\sum \omega_i e^{-\mu x_i \bar{d}}}$$

$$\text{pour } \frac{\Delta d}{d} = 15 \%, \frac{\Delta A}{A} = 6 \%$$

Cette erreur est importante. Nous avons donc été amenés à tracer une courbe d'étalonnage donnant l'activité spécifique reçue de l'étalon en fonction de la densité apparente (fig. 5).

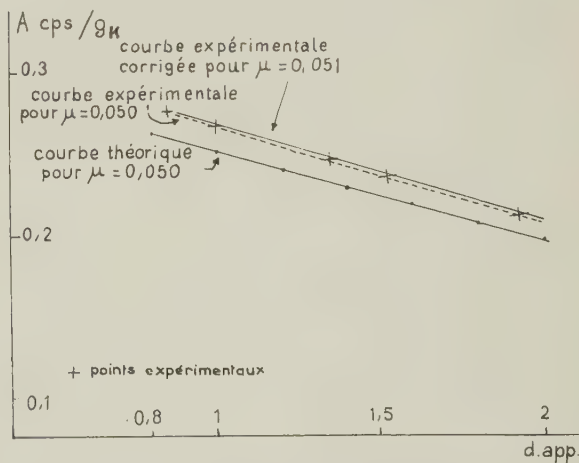


FIG. 5. — Variation de l'activité spécifique en fonction de la densité apparente.

a) On trouve théoriquement pour le chlorure de potassium que

$$A(d) = 6,78.10^{-3} \sum \omega_i e^{-\mu x_i d}$$

$A(d)$ en coups par seconde, par gramme de KCl dans le pic, et $\bar{d}$ en g/cm^3 , ce qui donne pour la géométrie utilisée les résultats du tabl. 3.

$d_{app.}$	0,8	1	1,2	1,4	1,6	1,8	2
A cps/g KCl	0,138	0,131	0,1245	0,1185	0,1125	0,107	0,102
A cps/g K.....	0,262	0,251	0,238	0,2275	0,2165	0,204	0,1945

TABLEAU 3.

b) Toujours pour KCl, on trouve expérimentalement :

KCl non tassé :	$d_{app.} = 0,85 \text{ g/cm}^3$
A	$= 0,144 \text{ cps/g KCl}$
A	$= 0,274 \text{ cps/g K}$
KCl tassé :	$d_{app.} = 1 \text{ g/cm}^3$
A	$= 0,139 \text{ cps/g KCl}$
A	$= 0,266 \text{ cps/g K}$

Pour l'étalon KCl + sable, on a :

sans tassement :	$d_{app.} = 1,345 \text{ g/cm}^3$
A	$= 0,127 \text{ cps/g KCl}$
A	$= 0,244 \text{ cps/g K}$
avec tassement :	$d_{app.} = 1,52 \text{ g/cm}^3$
A	$= 0,123 \text{ cps/g KCl}$
A	$= 0,235 \text{ cps/g K}$

Les points expérimentaux ne se placent pas exactement sur la courbe calculée. En effet, celle-ci l'a été en faisant plusieurs approximations (découpage de la source en volumes, estimation d'une longueur moyenne d'absorption et du rendement moyen, activité spécifique de K); la courbe théorique permet cependant de déterminer la forme de la courbe réelle de correction.

Il convient donc, pour mesurer la teneur en potassium d'un échantillon, de déterminer sa densité apparente et, en utilisant la courbe de la fig. 5, de ramener son activité spécifique réelle par seconde et par gramme de potassium à la valeur correspondant à la densité apparente de l'échantillon. L'erreur peut ainsi être ramenée à une valeur négligeable.

4. *Erreur d'affleurement.* Elle est également conditionnée par la granulométrie. Un échantillon broyé grossièrement présente dans le container une surface d'affleurement très irrégulière, ce qui contribue à diminuer sa hauteur moyenne

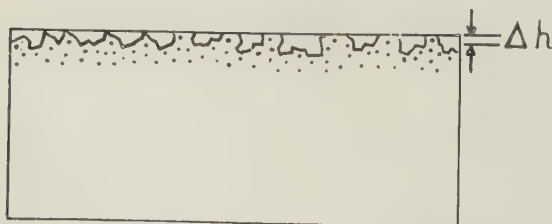


FIG. 6. — Illustration, très exagérée, de l'erreur d'affleurement pour une granulométrie grossière.

réelle (fig. 6). Ainsi pour la granulométrie la plus grossière expérimentée (grains atteignant 1 g), nous avons trouvé $\Delta h = 1,8 \text{ mm}$.

Le facteur $\frac{\sum \text{étalon}}{\sum \text{inconnu}}$ défini précédemment est alors légèrement différent de 1. On ramène la géométrie de l'échantillon à celle de l'étalon en complétant le remplissage avec une petite quantité de roche finement broyée.

Soit p_0 la quantité de roche pulvérisée ajoutée.

Ce faisant, on augmente l'activité globale reçue par seconde dans le pic du potassium d'une quantité

$$\Delta A = p_0 \frac{A_{rp}}{24 \pi} \sum \omega_i e^{-\mu \bar{x}_i d} = 0,08 A p_0$$

Sans correction, la densité apparente serait $d_1 = \frac{P}{V}$

et il lui correspond d'après la fig. 5, une activité A_1 ,

$$\text{d'où une teneur } t_1 = \frac{N}{P \cdot A_1}.$$

Après correction, la densité apparente est devenue

$$d_2 = \frac{P + p_0}{V} \text{ d'où une activité spécifique } A_2 \text{ et une teneur}$$

$$t_2 = \frac{N + 0,08 A_2 p_0}{(P + p_0) A_2}.$$

L'erreur sur la teneur est alors de :

$$\frac{\Delta t}{t} = 0,08 A_2 \frac{p_0}{N} - \frac{p_0}{P} - \frac{A_1 - A_2}{A_1}$$

Les deux premiers termes se compensant pratiquement, il reste

$$\frac{\Delta t}{t} = - \frac{A_1 - A_2}{A_1} = - \mu \cdot \frac{p_0 \sum \omega_i \bar{x}_i e^{-\mu \bar{x}_i d}}{\sum \omega_i e^{-\mu \bar{x}_i d}}$$

$$\text{pour } \Delta h = 1,8 \text{ mm, on a } \frac{\Delta t}{t} = 1,3 \text{ \%}.$$

Dans la pratique, on peut rendre Δh inférieur à 0,5 mm en arasant soigneusement la surface du container; l'erreur devient alors inférieure à 0,35 %.

5. *Erreur totale.* L'erreur relative sur l'étalon étant négligeable devant l'erreur relative sur l'échantillon, une limite supérieure de celle-ci sera obtenue en faisant la somme de l'erreur statistique, de l'erreur d'affleurement ($< 0,35 \text{ \%}$)

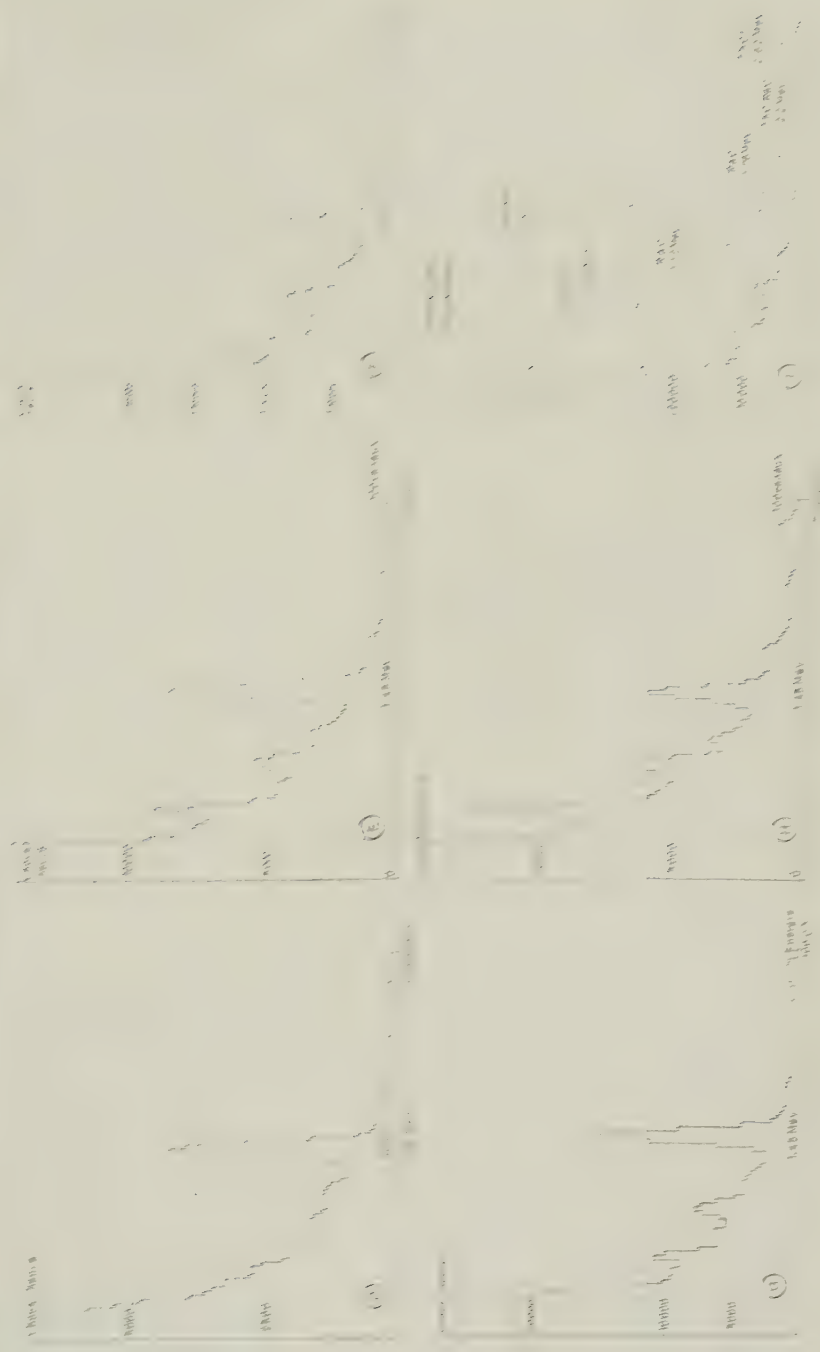


FIG. 7. - Spectres enregistrés (largeur d'un canal : 20 KeV).

A : blanc de fond (pas de source). B : échantillon de composition chimique type - basaltique (2,470 g/l KOH). C : échantillon de composition chimique type - basaltique (2,500 g/l KOH). D : échantillon de composition chimique type - basaltique (2,500 g/l KOH). E : échantillon de composition chimique type - basaltique (2,500 g/l KOH). F : échantillon de composition chimique type - basaltique (2,500 g/l KOH).

et de l'erreur sur le coefficient d'absorption totale ($\sim 0,25\%$).

APPLICATION. — Nous donnons à titre d'exemple les résultats obtenus sur 6 roches d'épanchement de la région du Mont Dore. Des échantillons de 2,5 kg, ramenés à une granulométrie moyenne de 2 mm, ont été utilisés. Les spectres correspondants sont donnés par la fig. 7.

Il aurait été possible de doser l'uranium et le thorium, mais tel n'était pas notre propos. On peut noter le bon accord avec des mesures chimiques publiées antérieurement. Mais l'excellente précision obtenue permet d'effectuer des comparaisons de teneur à l'intérieur d'une même formation géologique ; des variations relatives de 5 % dans les teneurs sont tout à fait significatives.

ÉCHANTILLONS		TENEUR EN K MÉTAL (%)	ERREUR STATISTIQUE (% de la teneur)	ERREUR TOTALE %
1	Basalte (λ_{II} de la carte géologique) prélevé à la sortie sud de Rochefort-Montagne.	1,27	1,5	2,1
2	Rhyolite de Lusclade (ρ_I)	3,14	1,28	1,9
3	Ponce rhyolitique associée à la précédente.	3,94	0,9	1,5
4	Ankaratrite (ω_{III}) du puy de Saint-Sandoux : rive ouest du lac	0,87	2,13	2,8
5	Ankaratrite (ω_{III}) du puy de Saint-Sandoux : face nord-est près du calvaire.	0,53	3,6	4,2 *
6	Andésite (α_2) coulée à l'W d'Orcival, cote 1014.....	1,5	0,6	2

TABLEAU 4.

* Granulométrie moyenne = 0,5 cm.

IV. Intérêt de la technique de spectrométrie

Nous passerons rapidement en revue les caractéristiques les plus intéressantes de cette méthode de dosage.

a) Elle est rapide. Aucune autre préparation que le broyage n'est nécessaire, et la mesure, faite automatiquement, demande une heure. L'ensemble des opérations chimiques dans les méthodes plus conventionnelles exige au contraire une dizaine d'heure au minimum et des manipulations répétées.

b) Il est possible de doser simultanément l'uranium, le thorium et leurs dérivés en équilibre, en utilisant un étalon adéquat [Coulomb et Goldstein, 1961].

c) L'échantillon n'est pas détruit et peut être

utilisé pour des études ultérieures (dosages chimiques, rayons X, etc.).

Elle a une sensibilité suffisante pour des teneurs faibles. On peut l'améliorer, pour les échantillons très pauvres, en augmentant la taille de l'échantillon ou la durée du comptage, ce qui nécessite un blindage plus efficace contre le rayonnement ambiant.

d) L'erreur est notablement plus faible que celle obtenue par les autres techniques ; de plus, on connaît avec précision cette erreur, alors que pour les méthodes usuelles on ne peut guère qu'en donner une évaluation toujours sujette à caution, du fait d'erreurs systématiques souvent inapparentes.

f) Le résultat obtenu est une bien meilleure approximation de la réalité. On sait [Laffitte, 1958] qu'en dépit de toutes les précautions d'échantillonnage et de préparation, les résultats des analyses chimiques, nécessairement effectuées sur de petites quantités (1 g), ne sauraient donner qu'une idée de la teneur moyenne de la roche. Les mesures par spectrométrie gamma sont plus représentatives, étant donné la taille des échantillons, même pour des roches très largement cristallisées (pegmatites) ; un poids de 2 à 3 kg, broyé à 2 mm, est un bon compromis entre les nécessités du prélèvement, du transport et du broyage, et celles d'une bonne précision des mesures dans un temps assez court.

*
* *

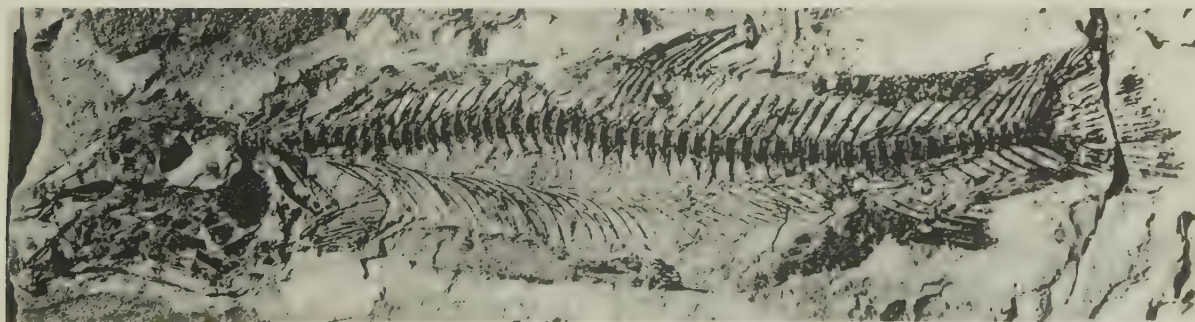
La spectrométrie gamma est un outil d'avenir dans les mains des géologues et des géochimistes. Si l'on considère qu'elle permet, outre les possibilités déjà évoquées, le dosage après activation aux neutrons d'un grand nombre d'éléments chimiques (dont l'argon, ce qui ouvre la voie à une méthode très élégante de géochronologie K-A), l'obstacle notable du prix de l'appareillage ne doit pas empêcher dans l'avenir les laboratoires de géologie et de minéralogie de bénéficier de ses avantages.

Bibliographie.

- CARR D. et KULP L. (1957). — The K-A method of geochronology. *Bull. geol. Soc. America*, vol. 68, p. 763-784.
- COULOMB R. et GOLDSZTEIN M. (1961). — Utilisation d'un spectromètre gamma à 100 canaux dans quelques problèmes de géologie nucléaire. *Bull. Soc. fr. Minér.*, t. LXXXIV, p. 13-19.
- JOUBE B., LANSIART A. et MORUCCI J. P. (1961). — Rapport C. E. N. Saclay n° DE/1464/SEAEP/178, mars.
- MAPPER D. (1960). — Radioactivation analysis. In A. A. SMALES et L. R. WAGER, *Methods in geochemistry*. New York, Interscience Publ.
- LAFFITTE P. (1957). — Introduction à l'étude des roches métamorphiques. Paris, Masson et Cie, 350 p.
- SIEGBAHN K. (1955). — Beta and gamma rays spectrometry. Amsterdam, North Holland Publ.



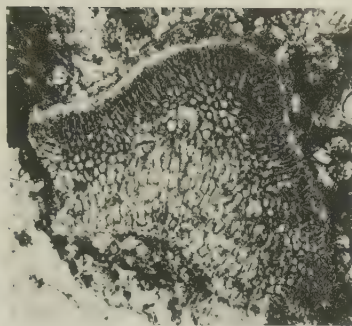
1



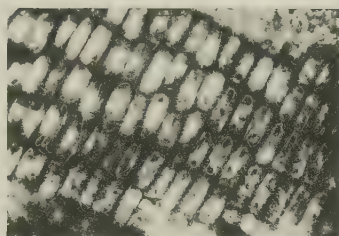
2



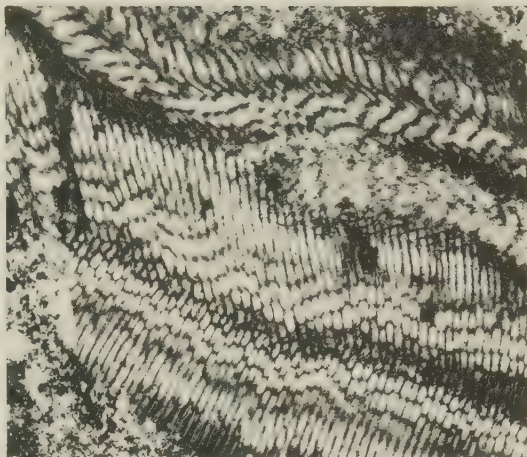
1



2

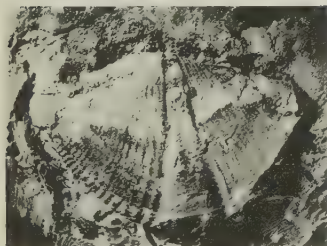


4

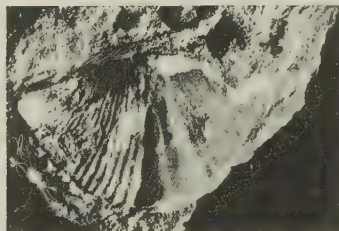


3

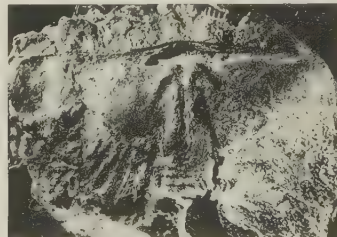
Note de J. CHAUMEAU, Ph. LEGRAND et A. RENAUD.



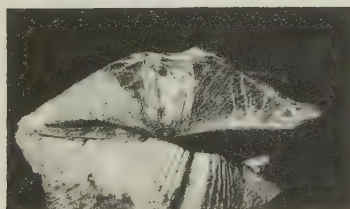
1



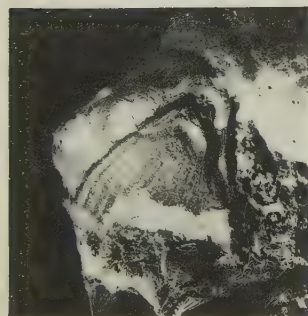
2



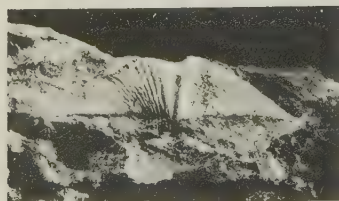
3



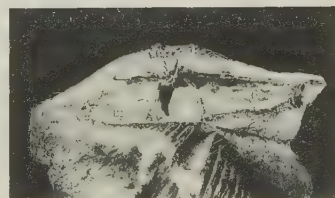
5



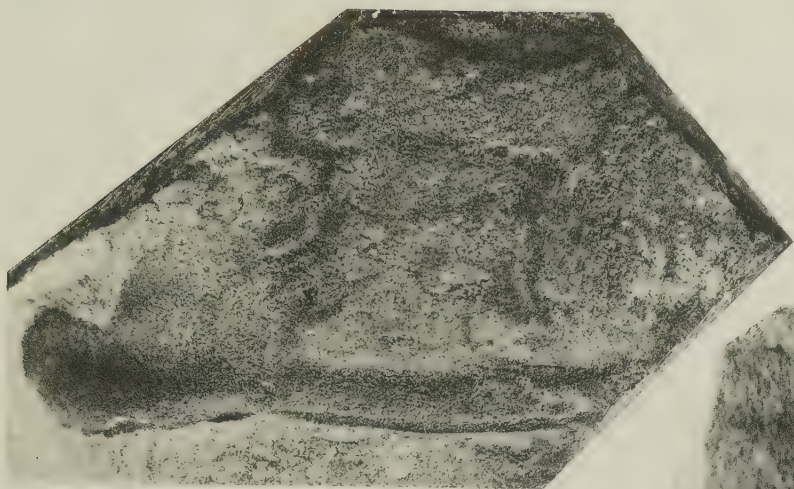
4



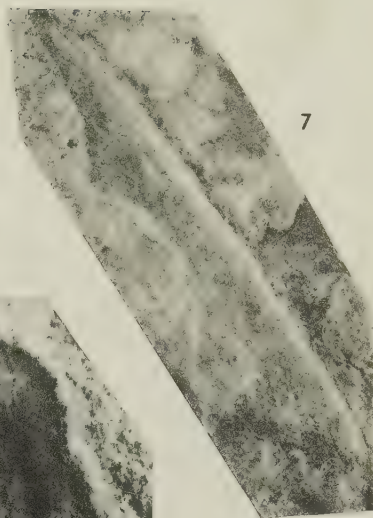
6



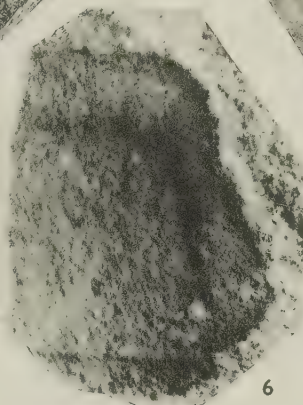
7



1



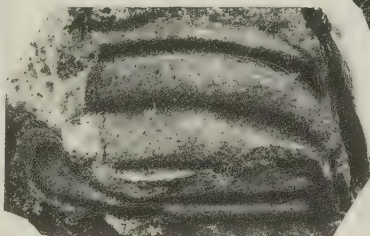
7



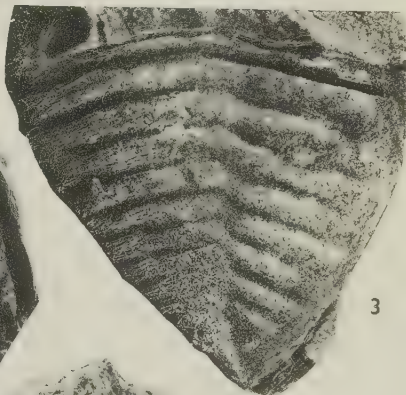
6



5



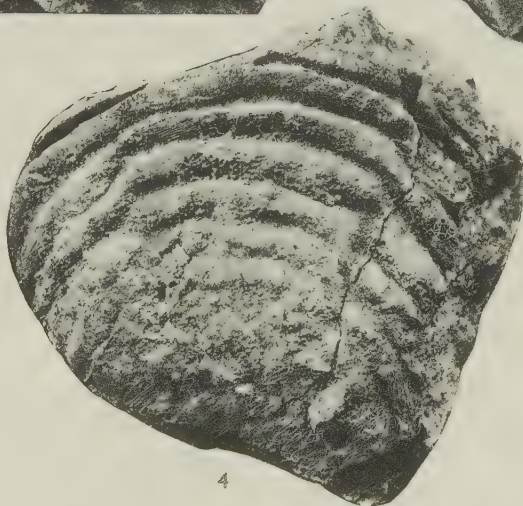
8



3

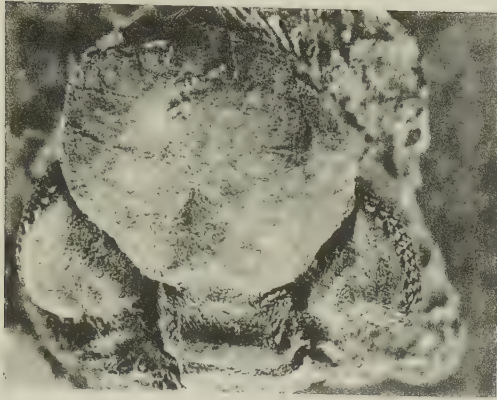


2



4

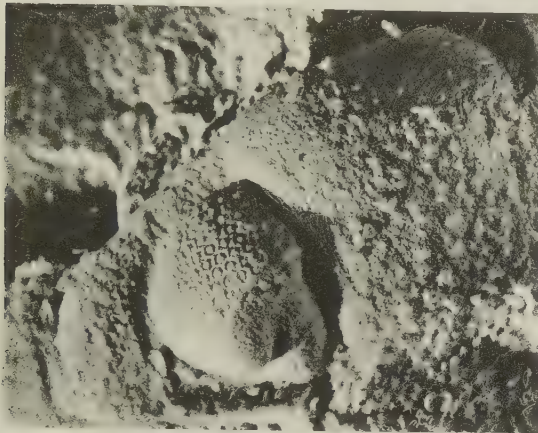




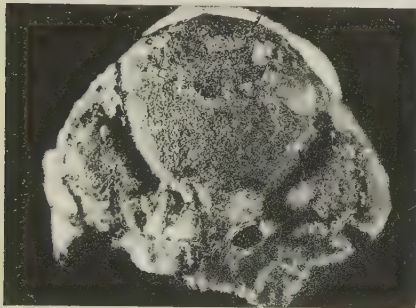
1



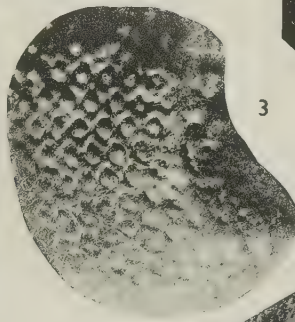
5



2



4



3

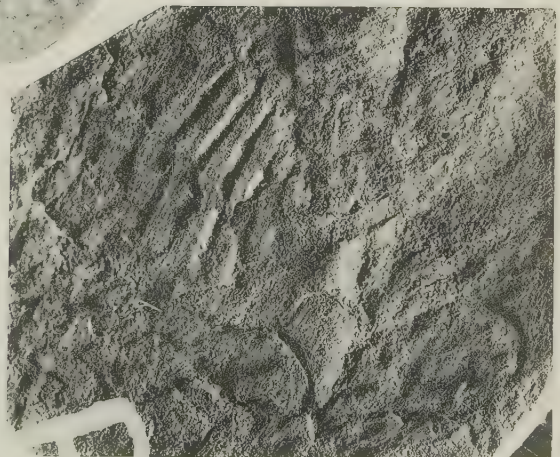


6

7

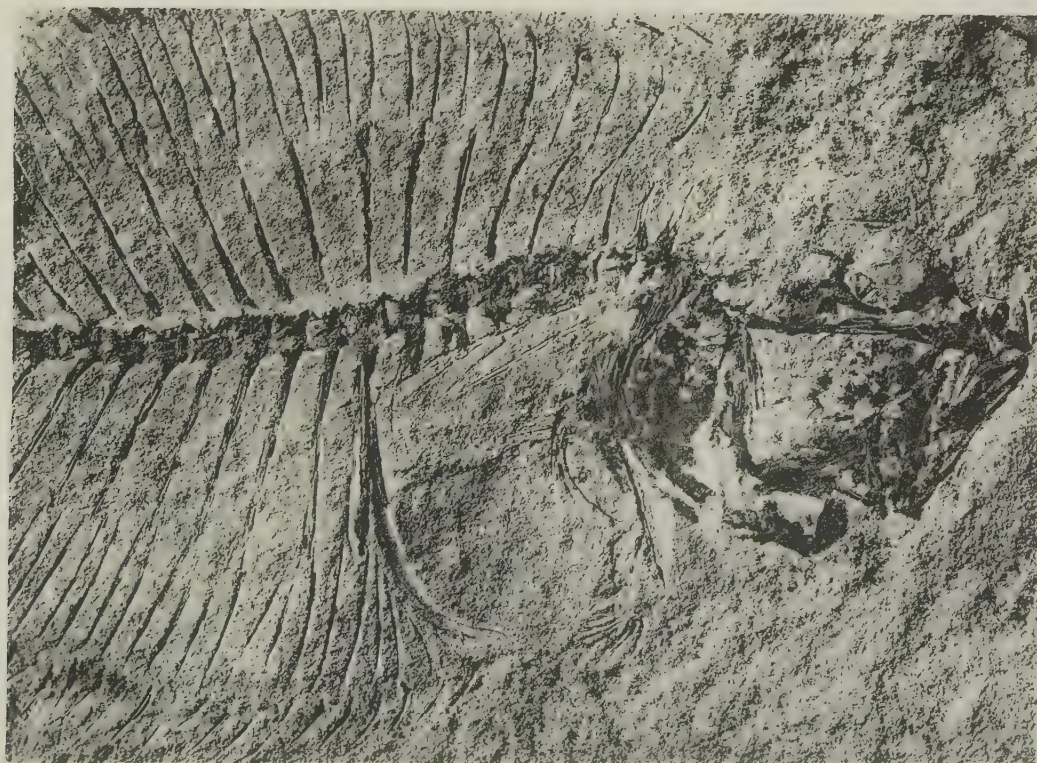


8

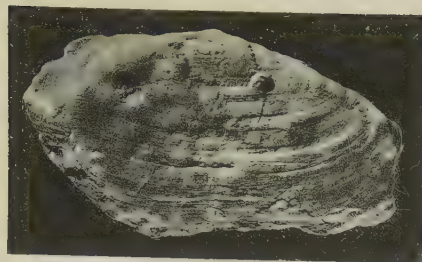




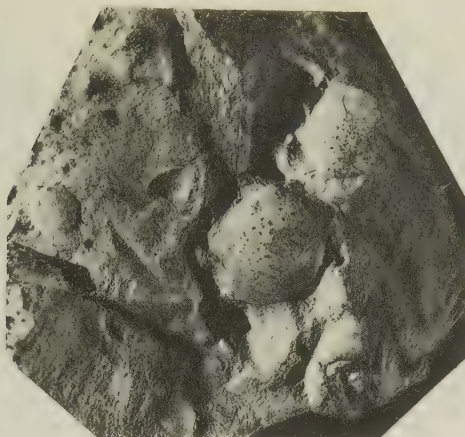
1



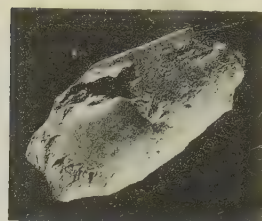
2



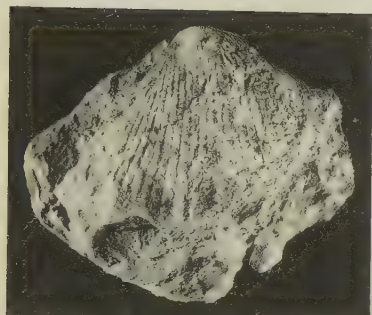
1



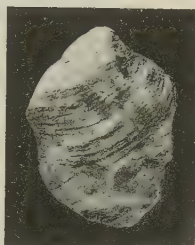
2



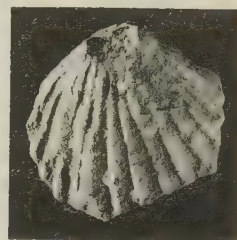
3



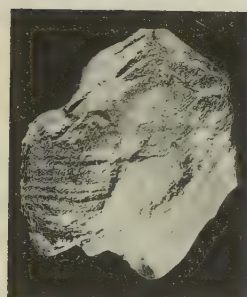
5



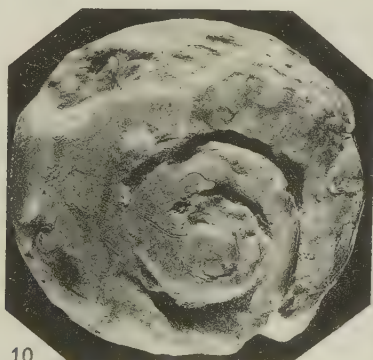
4



7



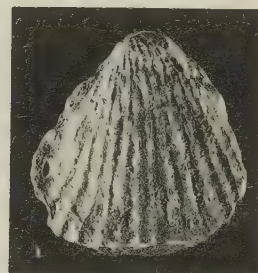
9



10



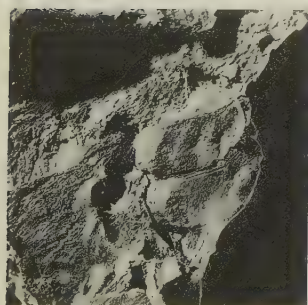
6



8



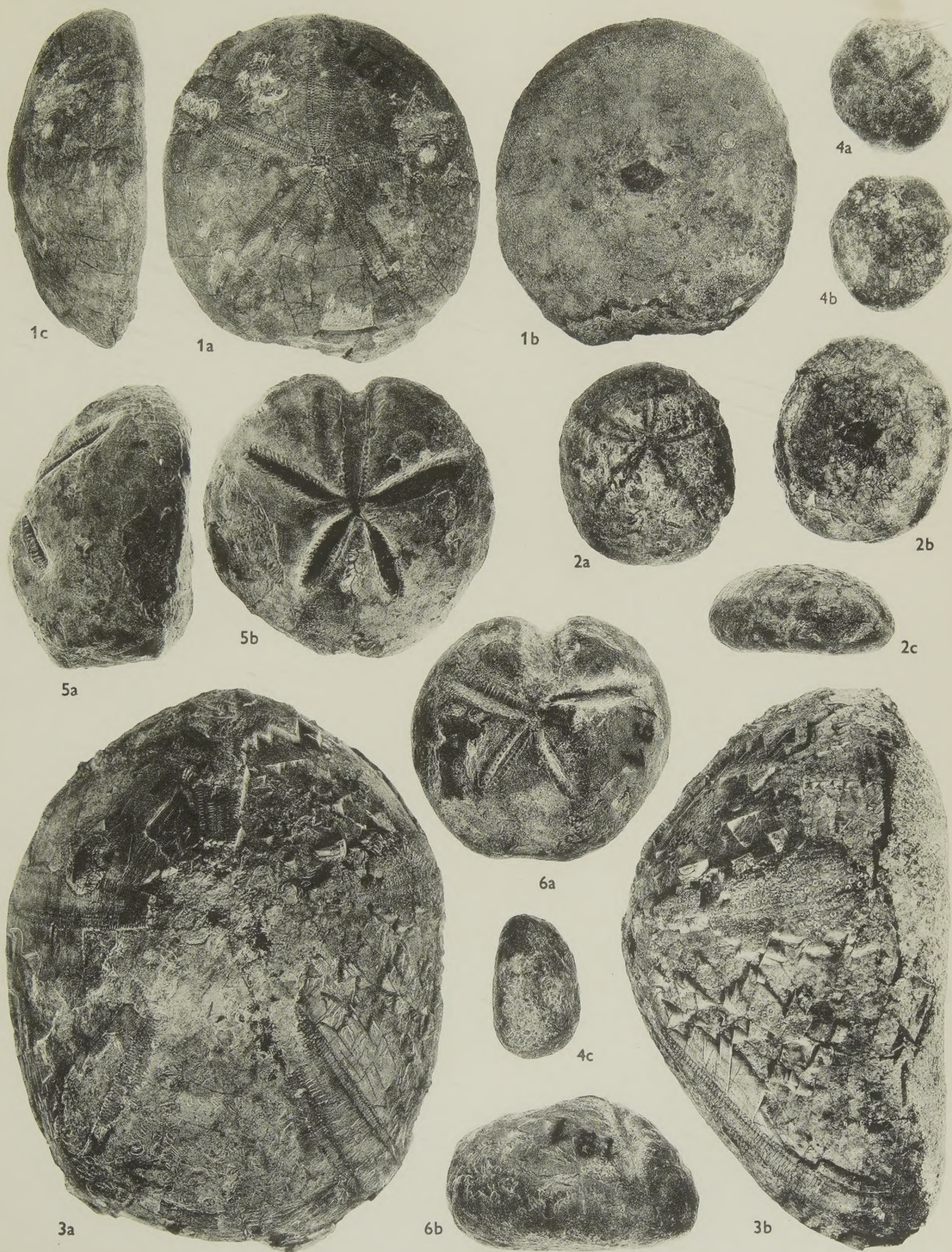
11



12



13



ÉDITIONS

du

CENTRE NATIONAL DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

15, quai Anatole-France, Paris 7^e.

SOLferino 93-39 — C. P. Paris 9061-11.

(Extrait du catalogue général.)

Lexique stratigraphique international, publié sous l'égide du Congrès géologique international par les soins du Comité français de Stratigraphie.

Il comprenait initialement six volumes : « Europe », « U. R. S. S. », « Asie », « Afrique », « Amérique latine », « Océanie », il en comptera deux supplémentaires : « Amérique du Nord » et « Termes stratigraphiques majeurs ».

Ensemble comprenant les volumes « Europe », « U. R. S. S. », « Asie », « Afrique », « Amérique latine » et « Océanie » 580,00 NF

Vol. « Europe » 210,00 NF

Vol. « U. R. S. S. » 75,00 »

Vol. « Asie » 87,50 »

Vol. « Afrique » 52,50 »

Vol. « Amérique latine » 87,50 »

Vol. « Océanie » 105,00 »

Les fascicules complémentaires « Bornéo » et « Madagascar » ne figurent pas dans la souscription ; les fascicules de chaque volume se vendent séparément, liste et prix sur demande.

Structure géologique de l'U. R. S. S. : ouvrage collectif sous la direction de A. P. MARKOVSKY.

Vol. I : STRATIGRAPHIE.

Fasc. I. Généralités, géomorphologie. 3,00 NF

— II. Précambrien..... 4,50 »

— III. Paléozoïque..... 13,00 »

— IV. Mésozoïque..... 6,00 »

— V. Cénozoïque..... 3,50 »

— VI. Quaternaire..... 3,00 »

Carte géomorphologique de l'U. R. S. S.
au 1 000 000^e 2,40 »

Carte géologique en couleurs au
7 500 000^e en deux feuilles sous
pochette qui accompagne le livre. 35,00 NF

Vol. II : MAGMATISME.

Fasc. I. Précambrien..... 5,50 »

— II. Paléozoïque inférieur..... 5,30 »

— III. Paléozoïque supérieur..... 10,00 »

— IV. Mésozoïque et Cénozoïque.. 8,00 »

Vol. III : TECTONIQUE (sous presse).

Lexique pétrographique des charbons : publié sous l'égide du Comité international de pétrologie des charbons.

Lexique publié sous forme de cartothèque. Chaque terme fait l'objet d'une fiche individuelle portant : le nom de son auteur et la référence bibliographique correspondante, la liste des synonymes et des termes analogues, la description du constituant pétrographique considéré et ses propriétés, son mode de gisement et son importance pratique ; ensemble présenté sous reliure pelliore à feuillets mobiles, in-8^o coq.

Édition 1957, rédigée en français, allemand ou anglais, chaque édition 15,00 NF

BORDET P. — Recherches géologiques dans l'Himalaya du Népal, région du Makalu, avec cartes. 80,00 »
sans cartes. 60,00 »

CHRISTOPHE MICHEL-LÉVY M^{me}. — Tableaux des minéraux des roches..... 12,00 »

TABLE DES MATIÈRES

TOME III, N° 5

	Pages
J. Signeux. — Sur quelques Poissons fossiles du Bassin parisien (1 pl.)	417
C. Cornet. — Le delta vindobonien du bas-pays de Saint-Maximin et de Ginasservis (Var) (1 fig.)	424
R. Soyer. — Les dissolution de gypses antéludiens dans le centre de l'Île-de-France et leurs dangers pour les constructions (2 fig.)	432
G. Segonzac. — Niveaux à Algues dans le Thanétien des Pyrénées (Corallinacées, Solenoporacées, Squamariacées, <i>Incertae familiae</i>) (1 pl., 1 texte-pl.)	437
J. Chaumeau, Ph. Legrand et A. Renaud. — Contribution à l'étude du Couvinien dans le bassin de Fort-de-Polignac (Sahara) (1 pl., 3 fig.)	449
J. Pillet. — Contribution à l'étude de <i>Homanolotidae</i> (Trilobites) des Grès à <i>Dalmanella monnieri</i> (Siegénien inférieur) du Massif armoricain (1 pl., 1 texte-pl.)	457
H. Falke. — La question des conditions probables du climat de l'Autunien et du Saxo-nien de l'Europe centrale et occidentale.	463
G. Thomel. — <i>Lyticoceras corroyi</i> nov. sp. de l'Hauterivien niçois (1 pl., 2 fig.)	468
R. Mirouse et J. Pillet. — Trilobites dévonien de la partie occidentale de la zone axiale pyrénéenne (1 pl.)	474
P. Laffitte et F. Permingeat. — Maquette d'une carte métallogénique de France au 2 500 000° (1 fig.)	481
E. Patte. — Un troisième exemplaire d' <i>Imhoffius lutetianus</i> CHABANAUD (1 pl., 3 fig.) ..	487
A.-R. Meunier. — Contribution à l'étude géomorphologique du Nord-Est du Brésil (2 fig.)	492
L. Lessard. — Les séries primaires des Tassilis Oua-n-Ahaggar au Sud du Hoggar entre l'Air et l'Adrar des Iforas (Sahara méridional) (5 fig.)	501
L. Feugueur. — Présence d'une faune marine dans les assises infra-gypseuses (Ludien) de la butte de L'Hautil (Seine-et-Oise) (1 pl.)	514
J. Roman. — Échinides éocènes de la région d'Eskişehir (Anatolie occidentale) (1 pl., 1 fig.)	518
E. Castor, H. Mennessier et G. Mennessier. — Les écailles de Combecave, près de Cabasse (Var) (3 fig.)	525
M. Debeaux, J. Thiébaud et M. Weppe. — Le gîte de pyrrhotite de Lacourt (Ariège) (1 fig.)	529
B. Jouve, A. Lansiart, R. Létolle et J. C. Morucci. — Utilisation de la radioactivité naturelle du potassium pour son dosage dans les roches par spectrométrie gamma (7 fig.)	533

La gérante de la Soc. géol. : M. ODIER.